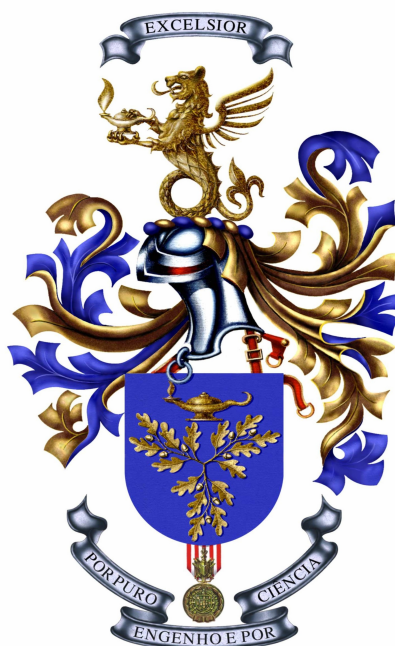


INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS
CURSO DE PROMOÇÃO A OFICIAL SUPERIOR
2017/2018



TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO INDIVIDUAL

**SISTEMAS NÃO TRIPULADOS DE AQUISIÇÃO DE
DADOS HIDROGRÁFICOS COMO POTENCIADORES DA
CAPACIDADE HIDROGRÁFICA DAS FORÇAS ARMADAS**

**O TEXTO CORRESPONDE A TRABALHO FEITO DURANTE A
FREQUÊNCIA DO CURSO NO IUM SENDO DA RESPONSABILIDADE DO
SEU AUTOR, NÃO CONSTITUINDO ASSIM DOCTRINA OFICIAL DAS
FORÇAS ARMADAS PORTUGUESAS OU DA GUARDA NACIONAL
REPUBLICANA.**

Telmo Gerales Dias
1TEN M



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

**SISTEMAS NÃO TRIPULADOS DE AQUISIÇÃO DE
DADOS HIDROGRÁFICOS COMO POTENCIADORES DA
CAPACIDADE HIDROGRÁFICA DAS FORÇAS ARMADAS**

1TEN M Telmo Geraldês Dias

Trabalho de Investigação Individual do Curso de Promoção a Oficial Superior

Pedrouços 2018



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR
DEPARTAMENTO DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS

**SISTEMAS NÃO TRIPULADOS DE AQUISIÇÃO DE
DADOS HIDROGRÁFICOS COMO POTENCIADORES DA
CAPACIDADE HIDROGRÁFICA DAS FORÇAS ARMADAS**

1TEN M Telmo Geraldês Dias

Trabalho de Investigação Individual do Curso de Promoção a Oficial Superior

Orientador: CTEN M Carlos Rúbrio Videira Marques

Coorientador: CFR M Luís Daniel Carona Jimenez

Pedrouços 2018



Declaração de compromisso antiplágio

Eu, Telmo Geraldês Dias, declaro por minha honra que o documento intitulado “Sistemas não tripulados de aquisição de dados hidrográficos como potenciadores da capacidade hidrográfica das Forças Armadas” corresponde ao resultado da investigação por mim desenvolvida enquanto auditor do Curso de Promoção a Oficial Superior 2017/2018 no Instituto Universitário Militar e que é um trabalho original, em que todos os contributos estão corretamente identificados em citações e nas respetivas referências bibliográficas.

Tenho consciência que a utilização de elementos alheios não identificados constitui grave falta ética, moral, legal e disciplinar.

Pedrouços, 18 de maio de 2018

Telmo Geraldês Dias

1TEN M



Agradecimentos

A realização deste Trabalho de Investigação Individual só foi possível com o apoio de diversas partes. Agradeço a todos os que contribuíram para a pesquisa, nomeadamente, às entidades entrevistadas e que disponibilizaram informação oportuna, bem como ao orientador e coorientador pelo apoio e indicações cedidas para a sua conclusão.



Índice

Introdução.....	1
1. Enquadramento metodológico.....	2
1.1. Objeto de estudo	2
1.2. Objetivos e questões da investigação.....	2
1.3. Metodologia.....	3
2. Sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos.....	5
2.1. Classificação dos sistemas não tripulados.....	5
2.2. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	5
2.3. <i>Unmanned Surface Vehicle</i>	7
2.4. <i>Unmanned Underwater Vehicle</i>	8
3. Capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas	11
3.1. Análise político-estratégica	11
3.1.1. Resistência contra ciberataques.....	12
3.1.2. Vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional..	13
3.1.3. Missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma.....	15
3.2. Análise estratégico-operacional.....	16
3.2.1. Apoio à segurança e autoridade do Estado	16
3.2.1.1. Segurança marítima	16
3.2.1.2. Vigilância dos espaços marítimos.....	16
3.2.1.3. Situações de emergência	16
3.2.2. Apoio à defesa militar e política externa	17
4. Sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos como potenciadores da capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas.....	20
4.1. Proliferação de sistemas não tripulados	20
4.2. Sistemas não tripulados nas Forças Armadas.....	20
4.2.1. Marinha	20
4.2.2. Exército	21
4.2.3. Força Aérea	22
4.3. Eficiência dos levantamentos topo-hidrográficos.....	23
4.3.1. Tempo	23
4.3.2. Recursos humanos	24
4.3.3. Recursos materiais.....	25



4.3.4. Recursos financeiros.....	26
4.4. Eficácia dos levantamentos topo-hidrográficos.....	27
4.4.1. <i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	27
4.4.2. <i>Unmanned Surface Vehicle</i>	28
4.4.3. <i>Unmanned Underwater Vehicle</i>	28
Conclusões	30
Bibliografia.....	33

Índice de Apêndices

Apêndice A — Figuras complementares.....	Apd A-1
Apêndice B — Comparação entre sistemas não tripulados	Apd B-1

Índice de Figuras

Figura 1 – Camadas da metodologia de investigação científica.....	3
Figura 2 – UAV de aquisição de dados topo-hidrográficos (<i>RIEGL BathyCopter</i>).....	7
Figura 3 – USV de aquisição de dados topo-hidrográficos (<i>ASV C-Target 3</i>).....	8
Figura 4 – UUV de aquisição de dados hidrográficos (<i>Kongsberg REMUS</i>).....	9
Figura 5 – Investimento programado nas capacidades da Marinha (2015 a 2026).....	12
Figura 6 – Cabos submarinos que cruzam os espaços marítimos nacionais	13
Figura 7 – Proposta de extensão da PC nacional.....	14
Figura 8 – Conceito de operações REA.....	18
Figura 9 – Poupança de tempo num LTH com processamento em tempo real.....	24
Figura 10 – Embarcação de sondagem de oportunidade com um SMF instalado na proa ..	26
Figura 11 – Fases do CPDM	Apd A-1
Figura 12 – Metodologia utilizada no CEM.....	Apd A-1
Figura 13 – Localização de recursos não vivos na PC portuguesa.....	Apd A-2
Figura 14 – Cruzeiros científicos realizados nas águas portuguesas (2003 a 2012) .	Apd A-2
Figura 15 – Funções da Marinha	Apd A-3
Figura 16 – Riscos globais com maior probabilidade e impacto (2008 a 2018)	Apd A-3
Figura 17 – Densidade populacional em Portugal.....	Apd A-4
Figura 18 – Fases de desenvolvimento no âmbito do CIDIFA	Apd A-4
Figura 19 – Exemplos de UAV da FA.....	Apd A-5
Figura 20 – Embarcação tradicional de sondagem (<i>Mergulhão</i>)	Apd A-5



Figura 21 – Projeção de uma embarcação de sondagem a partir de um navio..... Apd A-6

Índice de Tabelas

Quadro 1 – Objetivos e questões da investigação3

Quadro 2 – Comparação entre sistemas não tripulados Apd B-1



Resumo

Este trabalho tem como objeto de estudo a “capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas”, analisando-se como pode ser potenciada pela utilização de sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos. A investigação baseou-se no raciocínio indutivo e numa estratégia qualitativa, adotando-se como desenho de pesquisa o caso de estudo, recorrendo à análise documental e a entrevistas semiestruturadas.

O objetivo geral foi decomposto em três objetivos específicos. Inicialmente, efetuou-se a caracterização dos sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos, descrevendo como se classificam e distinguindo as respetivas capacidades e técnicas. Posteriormente, detalhou-se a relação existente entre a capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas e o planeamento e execução das suas missões, nas vertentes política, estratégica e operacional. Finalmente, evidenciaram-se as melhorias na eficiência e eficácia dos levantamentos topo-hidrográficos que podem advir da utilização de sistemas não tripulados, destacando-se, neste âmbito, as iniciativas que decorrem nos três ramos das Forças Armadas.

A investigação permitiu concluir que: os diferentes tipos de sistemas não tripulados possuem potencialidades e vulnerabilidades específicas; a capacidade topo-hidrográfica deve ter um papel destacado na edificação da estratégia de Defesa Nacional; e a utilização de sistemas não tripulados melhora a eficiência e a eficácia da atual capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas.

Palavras-chave

Sistemas não tripulados, hidrografia, topografia, Forças Armadas.



Abstract

The aim of this study is the “topo-hydrographic capacity of the Armed Forces” and how it can be enhanced by the use of unmanned topo-hydrographic data acquisition systems. The research was based on inductive reasoning and it follows a qualitative strategy. It uses a case study research design, built upon documentary analysis and semi-structured interviews.

The main objective was divided into three specific ones. Initially, we characterized the unmanned topo-hydrographic data acquisition systems, describing how they can be divided and distinguishing their capabilities and techniques. Afterwards, we described the relationship between the topo-hydrographic capacity of the Armed Forces and the planning and execution of their missions, in the political, strategic and operational perspectives. Finally, we emphasized the efficiency and effectiveness improvements that can derive from the use of unmanned systems, highlighting the initiatives that are taking place in the three branches of the Armed Forces.

The investigation concluded that: the different types of unmanned systems have specific advantages and vulnerabilities; the topo-hydrographic capacity should play a prominent role in building up the National Defense strategy; and the use of unmanned systems improves the efficiency and effectiveness of the current topo-hydrographic capability of the Armed Forces.

Keywords

Unmanned systems, hydrography, topography, Armed Forces.



Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AHS	<i>Australian Hydrographic Service</i>
AO	<i>Amphibious Operations</i>
APANT	Associação Portuguesa de Aeronaves Não Tripuladas
AR	Assembleia da República
ASW	<i>Anti-Submarine Warfare</i>
AUV	<i>Autonomous Underwater Vehicle</i>
CCEM	Conselho de Chefes de Estado-Maior
CEDN	Conceito Estratégico de Defesa Nacional
CEIIA	Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel
CEM	Conceito Estratégico Militar
CEMA	Chefe do Estado-Maior da Armada
CEOV	Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados Aéreos
CIDIFA	Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea
CIGeoE	Centro de Informação Geoespacial do Exército
CINAV	Centro de Investigação Naval
CM	Conselho de Ministros
CMRE	<i>Centre for Maritime Research & Experimentation</i>
CN	Comando Naval
CPDM	Ciclo de Planeamento de Defesa Militar
DMS3	Destacamento de Mergulhadores Sapadores n.º 3
DOTMLPFI	<i>Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability</i>
DVL	<i>Doppler Velocity Log</i>
EHIR	Equipa Hidrográfica de Intervenção Rápida
EMA	Estado-Maior da Armada
EMEPC	Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental
EMGFA	Estado-Maior-General das Forças Armadas
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EUA	Estados Unidos da América
FA	Força Aérea
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FFAA	Forças Armadas
FPA	<i>Focal Plane Array</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GT-VENT	Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento de Veículos Não Tripulados
ICPC	<i>International Cable Protection Committee</i>
IDI	Investigação, Desenvolvimento e Inovação
IH	Instituto Hidrográfico
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i>
INEGI	Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial
INESC-TEC	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
INS	<i>Inertial Navigation System</i>
LH	Levantamento Hidrográfico
LiDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
LPM	Lei de Programação Militar
LSTS	Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática
LT	Levantamento Topográfico
LTH	Levantamento Topo-Hidrográfico
MDN	Ministério da Defesa Nacional
MIFA	Missões das Forças Armadas
MNE	Ministério dos Negócios Estrangeiros
MW	<i>Mine Warfare</i>
NAVOCEANO	<i>Naval Oceanographic Office</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NRP	Navio da República Portuguesa
OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
OHI	Organização Hidrográfica Internacional
ONU	Organização das Nações Unidas
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
PC	Plataforma Continental



PDM	Planeamento de Defesa Militar
PITVANT	Projeto de Investigação e Tecnologia em Veículos Aéreos Não Tripulados
QC	Questão Central
QD	Questão Derivada
RADAR	<i>Radio Detection And Ranging</i>
REA	<i>Rapid Environmental Assessment</i>
REP	<i>Recognized Environmental Picture</i>
ROV	<i>Remotely Operated Vehicle</i>
RTP	Rádio e Televisão de Portugal
SAS	Sonar de Abertura Sintética
SF	Sistema de Forças
SFS	Sondador de Feixe Simples
SMF	Sondador Multifeixe
SNT	Sistema Não Tripulado
SO	<i>Special Operations</i>
SVP	<i>Sound Velocity Profiler</i>
TII	Trabalho de Investigação Individual
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UE	União Europeia
UP	Universidade do Porto
USN	<i>United States Navy</i>
USV	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
UTP	<i>Underwater Transponder Positioning</i>
UUV	<i>Unmanned Underwater Vehicle</i>
VENT	Veículo Não Tripulado
WEF	<i>World Economic Forum</i>
ZEE	Zona Económica Exclusiva



Introdução

A aplicação de sistemas não tripulados (SNT) de aquisição de dados topo-hidrográficos tem aumentado, globalmente, a um ritmo exponencial (Potgieter, 2016). O seu emprego e crescente desenvolvimento tecnológico tem permitido aumentar a eficiência dos levantamentos topo-hidrográficos (LTH), bem como possibilitar o acesso a áreas anteriormente insondáveis, devido às limitações técnicas dos equipamentos ou aos riscos humanos e materiais associados (Russon, 2015). Neste âmbito, várias entidades de referência no domínio da hidrografia, nomeadamente a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (NOAA, 2016b), a Marinha dos Estados Unidos (USN¹) e o *Naval Oceanographic Office* (NAVOCEANO) (Sebastian, et al., 2016), têm testado e implementado este tipo de sistemas. Em Portugal, nas Forças Armadas (FFAA), existem alguns estudos relativos à sua possível aplicação, embora não dedicados especificamente à aquisição de dados hidrográficos (Oliveira, 2015) ou orientados unicamente para as plataformas aéreas (Morgado, 2016).

A utilização de SNT, que executem trabalhos de forma semiautónoma, assentes em processos automatizados, constitui uma oportunidade para as FFAA, face aos desafios que atualmente enfrentam: racionalização e otimização da relação entre produto operacional e recursos (*Smart Defence*); melhoria da eficiência na aplicação de meios; promoção da investigação científica e da inovação (CM, 2013a); redução da despesa com pessoal (CM, 2013b); dificuldade no recrutamento e retenção de pessoal (Lusa, 2018b).

A capacidade hidrográfica das FFAA reside na Marinha e encontra-se prevista na componente operacional do Sistema de Forças (SF), contribuindo para seis das sete áreas de capacidade (duas das quais de forma crítica) (CCEM, 2014c), e para o cumprimento de quinze das vinte missões das FFAA (CCEM, 2014b). A sua potenciação concretiza um dos objetivos nacionais conjunturais definidos no Conceito Estratégico de Defesa Nacional (CEDN), que defende o reforço e a dinamização das capacidades científicas e tecnológicas (CM, 2013a).

Neste contexto, o tema desenvolvido neste Trabalho de Investigação Individual (TII) assume especial atualidade e relevância, analisando de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos.

¹ Sigla em língua inglesa: *United States Navy*.



1. Enquadramento metodológico

Este capítulo tem como objetivo descrever a metodologia adotada no desenvolvimento deste TII.

1.1. Objeto de estudo

O TII tem como objeto de estudo a “capacidade hidrográfica das FFAA”. O significado desta capacidade advém da própria definição de hidrografia, expressa como a ciência que mede e descreve as características físicas dos corpos de água, tais como os oceanos, mares, lagos e rios (OHI, 2015a), bem como das áreas terrestres adjacentes (NOAA, 2017b). No âmbito deste TII, a “capacidade hidrográfica” deve ser entendida amplamente como “capacidade topo-hidrográfica”, incluindo não apenas a determinação da profundidade e da morfologia do fundo marinho (levantamento hidrográfico (LH)), mas também da altitude e morfologia das zonas costeiras (levantamento topográfico (LT)).

A “capacidade topo-hidrográfica das FFAA” constitui a variável dependente deste estudo. Analogamente, os “SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos” representam a variável independente. Neste sentido, procurar-se-á, no segundo e terceiro capítulos, caracterizar cada uma das variáveis e, no quarto capítulo, analisar o efeito que a manipulação da variável independente provoca na variável dependente (Vieira, 2009).

Na sequência de estudos anteriores, é expectável que a capacidade topo-hidrográfica, à semelhança das restantes capacidades das FFAA, seja potenciada pela utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos (Oliveira, 2015). Este efeito potenciador será analisado segundo duas perspetivas: melhoria da eficiência, otimizando a relação entre o produto operacional e os recursos despendidos; e melhoria da eficácia, ampliando os cenários de atuação e a qualidade dos produtos finais.

1.2. Objetivos e questões da investigação

O TII tem como objetivo geral (OG) “analisar de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos”. Tendo em consideração este OG, foram definidos os objetivos específicos (OE) e formuladas a questão central (QC) e as questões derivadas (QD) sistematizadas no Quadro 1.



Quadro 1 – Objetivos e questões da investigação

Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Questão Central	Questões Derivadas
Analisar de que modo a capacidade topo-hidrográfica das FFAA pode ser potenciada pela utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos.	OE1 Caraterizar os SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos.	Como pode a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos potenciar a capacidade topo-hidrográfica das FFAA?	QD1 Quais as caraterísticas dos SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos?
	OE2 Relacionar a capacidade topo-hidrográfica das FFAA com o planeamento e execução das suas missões.		QD2 Qual a relação existente entre a capacidade topo-hidrográfica das FFAA e o planeamento e execução das suas missões?
	OE3 Descrever como a eficiência e a eficácia dos LTH podem ser melhoradas com a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos.		QD3 Como pode a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos melhorar a eficiência e a eficácia dos LTH?

Fonte: Elaborado pelo autor

1.3. Metodologia

O desenvolvimento deste TII encontra-se enquadrado nas camadas que caraterizam a metodologia de investigação científica (Saunders & Tosey, 2013), conforme ilustrado na figura 1.



Figura 1 – Camadas da metodologia de investigação científica

Fonte: Adaptado de (Saunders & Tosey, 2013)

A filosofia de pesquisa adotada foi o pragmatismo, abordando diferentes perspetivas, consideradas relevantes, e enfatizando as suas consequências práticas. Neste sentido,



recorreu-se ao raciocínio indutivo e ao pensamento crítico (Santos & Lima, 2016), procurando obter conclusões gerais a partir da observação e análise de casos particulares. Optou-se por uma estratégia, predominantemente, qualitativa em detrimento da quantitativa, privilegiando: a função pessoal e interpretativa do investigador, em oposição à impessoal; e a lógica da construção do conhecimento (posição epistemológica), em oposição à lógica da descoberta (Stake, 1999).

Como desenho de pesquisa utilizou-se o caso de estudo, tendo em consideração os seguintes fatores: a QC é do tipo “como”, o investigador tem pouco controlo sobre os eventos (face ao tempo e meios disponíveis, não seria possível realizar uma pesquisa experimental) e o objeto de estudo consiste num fenómeno contemporâneo inserido no seu contexto real (Yin, 2001). Assim, seguiu-se uma lógica explanatória, reunindo-se as conjecturas existentes que suportam a QC e procurando-se interpretar e explicar a natureza das relações entre as variáveis (Yin, 2012). Uma vez que a resposta à QC é dirigida a um momento particular no tempo, o da realização deste TII, considerou-se um horizonte temporal transversal.

A investigação recorreu, sobretudo, a dois instrumentos: análise documental e entrevistas semiestruturadas (Flick, 2004), com recolha de informação junto de especialistas e representantes de entidades consideradas relevantes na temática deste TII, nomeadamente: Instituto Hidrográfico (IH), Centro de Investigação Naval (CINAV), Comando Naval (CN), Destacamento de Mergulhadores Sapadores n.º 3 (DMS3), Estado-Maior da Armada (EMA), Centro de Informação Geoespacial do Exército (CIGeoE), Força Aérea (FA), *RIEGL*², *ASV*³ e *Kongsberg*⁴. A análise dos dados provenientes das múltiplas fontes, sucedida pela triangulação da respetiva informação, permitiu responder de forma crítica ao problema da investigação.

² Empresa privada *RIEGL – Laser Measurement Systems* (<http://www.riegl.com>).

³ Empresa privada *ASV – Unmanned Marine Systems* (<https://www.asvglobal.com>).

⁴ Empresa privada *Kongsberg Maritime* (<https://www.km.kongsberg.com>).



2. Sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos

Este capítulo tem como objetivo caracterizar os SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos (OE1). Neste sentido, são descritas as formas de os classificar, os detalhes e as capacidades que os distinguem e as técnicas desenvolvidas para melhorar o seu desempenho.

2.1. Classificação dos sistemas não tripulados

Os SNT caracterizam-se por não albergarem presença humana, podendo ser configurados sob a forma de três tipos de plataforma:

- Aérea, designada por *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV);
- De superfície, designada por *Unmanned Surface Vehicle* (USV);
- Submarina, designada por *Unmanned Underwater Vehicle* (UUV).

Consoante a interação com o respetivo operador, estes podem também ser classificados em dois tipos:

- Autónomos, quando operam independentemente, após receberem uma determinada tarefa programada (por exemplo, no caso dos UUV, designam-se por *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV));
- Operados remotamente, quando são controlados à distância, normalmente através de um cabo umbilical (por exemplo, no caso dos UUV, designam-se por *Remotely Operated Vehicle* (ROV)).

O aperfeiçoamento dos sistemas de posicionamento dinâmico e dos sensores de bordo (Hydro, 2018) tem potenciado a prevalência da operação autónoma, face às limitações de manobrabilidade e de alcance inerentes à operação remota (Giodini, et al., 2015).

Esta classificação não é definitiva nem os termos empregues são consensuais, existindo diversas variantes (AltiGator, 2018). No entanto, por uma questão de harmonização, foi adotada neste TII.

2.2. *Unmanned Aerial Vehicle*

Atualmente, nos UAV, a aquisição de dados topo-hidrográficos pode ser realizada através de duas técnicas: fotogrametria e *Light Detection And Ranging* (LiDAR) (Higgins, 2016). No que respeita à fotogrametria, já existem estudos que indicam ser viável a determinação da batimetria através de imagens obtidas com UAV, embora não ainda com a



precisão adequada (Aarnink, 2017). Considerando que esta técnica apenas se encontra consolidada, exclusivamente, para LT, não será desenvolvida neste TII. Neste sentido, será relevado o LiDAR, especificamente o batimétrico, uma vez que permite, simultaneamente, a execução de LT e de LH.

O LiDAR batimétrico emite dois feixes laser com diferentes comprimentos de onda: 1064 nm (infra-vermelho), que é refletido na superfície da água; e 532 nm (verde), que penetra na coluna de água e é refletido no fundo. A diferença de tempo, que se traduz em distância percorrida, entre a emissão e receção do feixe verde, permite determinar a profundidade.

Um sistema LiDAR é geralmente composto por três componentes principais: um *laser scanner* que emite e recebe os feixes, um sensor inercial (IMU⁵) que determina a atitude da plataforma (*roll*, *pitch* e *yaw*) e um recetor *Global Navigation Satellite System* (GNSS) que calcula a sua posição (Quadros, 2016). Comparativamente com outros sistemas, apresenta diversas vantagens, destacando-se apenas as que lhe são exclusivas: a instalação numa plataforma aérea traduz-se em menor tempo de sondagem para uma mesma área (maior eficiência), e em menor risco no levantamento de áreas perigosas; o seu princípio de funcionamento produz uma grande densidade de medições por unidade de área e permite que, ao contrário dos sistemas acústicos, a largura da faixa sondada não dependa da profundidade, mas sim da altitude de voo. No entanto, atualmente, as limitações evidenciadas pelo LiDAR batimétrico ainda são significativas, no que se refere, exclusivamente, a LH. A penetração do feixe laser na coluna de água depende da sua transparência (normalmente, até à profundidade de Secchi⁶) e da agitação marítima, assim como da presença de ervas marinhas ou algas. Estes fatores afetam o desempenho do sistema e delimitam o seu âmbito de aplicação (intervalo de profundidades). O alcance pode ser estendido, embora implique um compromisso: ao incrementar a potência do feixe laser e a duração do impulso, é possível aumentar o alcance em profundidade, implicando, no entanto, uma menor densidade de medições (Quadros, 2016).

O principal desafio na instalação deste tipo de sistemas em UAV está relacionado com o seu peso. Neste âmbito, algumas indústrias têm desenvolvido soluções específicas: a *YellowScan* desenvolveu sistemas ligeiros para UAV, por enquanto apenas de âmbito

⁵ Sigla em língua inglesa: *Inertial Measurement Unit*.

⁶ A profundidade de Secchi é a profundidade a partir da qual o disco de Secchi deixa de ser visível por um observador colocado acima da superfície, quantificando a transparência ou a turbidez da coluna de água. O disco de Secchi consiste num disco circular, com quadrantes intercalados de cor branca e preta, com 20 a 30 cm de diâmetro.

topográfico (YellowScan, 2018); e a *RIEGL* já comercializa um sistema (*BathyCopter*) (RIEGL, 2018) com capacidade topo-hidrográfica (Mandlbürger, et al., 2016), conforme ilustrado na figura 2. No entanto, a vulgarização do emprego de UAV e o constante desenvolvimento da tecnologia LiDAR, mais recentemente com o *Focal Plane Array* (FPA) LiDAR, parece indicar que este desafio será vencido a curto prazo (Higgins, 2014).



Figura 2 – UAV de aquisição de dados topo-hidrográficos (*RIEGL BathyCopter*)

Fonte: (RIEGL, 2018)

2.3. *Unmanned Surface Vehicle*

Os USV de aquisição de dados topo-hidrográficos são a plataforma que mais tem evoluído nos últimos anos, estando disponíveis várias opções (Geo-matching, 2018). A principal justificação para o célere desenvolvimento destes sistemas, baseia-se no facto de utilizarem tecnologia consolidada, adaptada de embarcações de sondagem de maiores dimensões. Contrariamente aos UAV, cujas técnicas de sondagem (LiDAR batimétrico e fotogrametria) ainda não oferecem resultados suficientemente precisos, os USV utilizam sistemas acústicos, especialmente os sondadores multifeixe (SMF), em desenvolvimento há mais de 55 anos (Theberge, 2013).

Atualmente, existem diversos estudos que confirmam a eficiência dos USV em LH, tendo já sido empregues com sucesso em diferentes ambientes: levantamentos *offshore* (Orthmann, 2016), costeiros (Williams, 2016) e portuários (Hydro, 2017c). Os resultados obtidos têm, inclusivamente, despertado o interesse de entidades de referência no domínio da hidrografia, nomeadamente a NOAA (NOAA, 2016a).

Um USV com capacidade hidrográfica é geralmente composto por um sondador acústico, preferencialmente um SMF, um IMU e um recetor GNSS. O sistema pode ser

complementado com um perfilador de velocidade do som (SVP⁷) na água, indispensável para o traçado do raio acústico (Williams, 2016), e um sonar lateral que complemente a informação entre fiadas, em levantamentos sem sobreposição entre faixas sondadas (Orthmann, 2016). Adicionalmente, poderá ainda ser instalado um *laser scanner* (Renishaw, 2018) capaz de dotar o sistema com capacidade topo-hidrográfica (Renishaw, 2015), conforme ilustrado na figura 3.



Figura 3 – USV de aquisição de dados topo-hidrográficos (ASV C-Target 3)

Fonte: (Renishaw, 2018)

A principal limitação no emprego de USV na execução de LTH prende-se com o estado do mar. A agitação marítima pode afetar, não só a projeção do USV a partir do navio-mãe, mas também a qualidade dos dados adquiridos, elevando os valores de atitude acima dos limites compensados pelo sistema. A corrente pode ainda afetar a manobrabilidade do USV, caso a sua propulsão não detenha potência suficiente. No entanto, a construção de plataformas mais estáveis e robustas, bem como a orientação da sua aplicação para áreas mais abrigadas pode constituir uma solução.

2.4. *Unmanned Underwater Vehicle*

Os UUV constituem o SNT desenvolvido e utilizado há mais tempo. Inicialmente, foram empregues profusamente pela indústria petrolífera e do gás, no mapeamento detalhado do fundo marinho e na inspeção de condutas submarinas (*pipelines*). No entanto, nos últimos anos as vantagens na sua aplicação têm sido amplamente reconhecidas por instituições científicas (NOAA, 2013) e militares, nomeadamente a NAVOCEANO

⁷ Sigla em língua inglesa: *Sound Velocity Profiler*.

(Kongsberg, 2017) e a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) (Hydro, 2017a).

Comparativamente aos restantes SNT, os UUV apresentam as seguintes vantagens exclusivas: a nível militar, são de difícil deteção, podendo operar furtivamente em ambientes hostis; são polivalentes, podendo operar a diferentes profundidades, em ambiente portuário, costeiro ou oceânico; a nível técnico, conseguem preservar uma distância constante ao fundo, mantendo uma largura fixa da faixa sondada (Sebastian, et al., 2016), e permitem inspecionar com maior detalhe objetos submarinos e mapear o fundo marinho com melhor resolução. A figura 4 ilustra um exemplo de um UUV.



Figura 4 – UUV de aquisição de dados hidrográficos (Kongsberg REMUS)

Fonte: (Kongsberg, 2017)

Um UUV com capacidade hidrográfica é geralmente composto por um sondador acústico, preferencialmente um SMF ou um sonar de abertura sintética (SAS), um sonar lateral, um sistema de posicionamento acústico e um sistema de navegação inercial (INS⁸), constituído por um IMU e um *Doppler Velocity Log* (DVL). Uma vez que o sinal GNSS não é recebido em ambiente submarino, o posicionamento rigoroso dos UUV é assegurado através de métodos alternativos. O sistema acústico determina a posição através de uma rede de *transponders* instalados no navio-mãe e na área de sondagem (*Underwater Transponder Positioning* (UTP)), enquanto o sistema inercial estima a posição a partir dos dados do IMU e do DVL. A utilização sincronizada de ambos os métodos melhora significativamente a precisão do posicionamento (Sebastian, et al., 2016).

⁸ Sigla em língua inglesa: *Inertial Navigation System*.



O emprego de UUV na execução de LH apresenta duas limitações fundamentais. A primeira, conforme referido, encontra-se relacionada com a determinação da posição, requerendo a integração de vários sistemas em substituição de um simples recetor GNSS. A segunda corresponde às comunicações submarinas. Inicialmente, não era possível comunicar com os UUV após a respetiva projeção (Crimmins & Manley, 2008), comprometendo a sua autonomia, dado que era necessária uma ligação física para receção e envio de informação. Isto fez com que os ROV assumissem um maior protagonismo que os AUV, permitindo a troca de informação através do cabo umbilical. No entanto, a maior manobrabilidade e eficiência dos AUV, tem fomentado o desenvolvimento das comunicações submarinas, baseadas na codificação da informação em ondas acústicas que, na água, se propagam mais eficazmente que as ondas eletromagnéticas (Giodini, et al., 2015).

Os desafios inerentes a este tipo de comunicações prendem-se com a natureza do sinal e o próprio ambiente: a largura de banda é limitada pela atenuação do sinal (*transmission loss*), que aumenta com a respetiva frequência, condicionando o volume de informação; o multitrajeto, provocado por várias reflexões do sinal, e o ruído ambiental causam interferências e degradam as comunicações (Giodini, et al., 2016); a variação da velocidade de propagação do som ao longo da coluna de água origina zonas de sombra, interrompendo as comunicações. Neste âmbito, estudos recentes têm abordado a transmissão de vídeo, de momento exequível até aos 200 m de profundidade (Kortnieiev, et al., 2016), bem como os protocolos de comunicações submarinas e a interoperabilidade entre os sistemas existentes (Hydro, 2017b).



3. Capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas

Este capítulo tem como objetivo relacionar a capacidade topo-hidrográfica das FFAA com o planeamento e execução das suas missões (OE2). Neste sentido, é analisada e justificada a sua importância, assente nas vertentes política, estratégica e operacional.

3.1. Análise político-estratégica

O Ciclo de Planeamento de Defesa Militar (CPDM)⁹, que integra o processo de Planeamento de Defesa Militar (PDM), baseia-se na edificação de capacidades militares, em sincronia com o ciclo de planeamento da OTAN e com o processo de desenvolvimento de capacidades da União Europeia (UE). Uma capacidade militar é definida como o conjunto de elementos funcionais, estruturantes e complementares, que contribuem para a realização de tarefas ou concretização de efeitos operacionais, englobando componentes de doutrina, organização, treino, material, liderança, pessoal, infraestruturas e interoperabilidade (DOTMLPFI¹⁰) (MDN, 2014).

O SF, documento estruturante das Opções Estratégicas Militares e gerado a jusante do Conceito Estratégico Militar (CEM) e das Missões das Forças Armadas (MIFA), define o conjunto de capacidades que as FFAA devem deter a fim de assegurar o cumprimento das suas missões (AR, 2009). Neste sentido, o SF organiza as capacidades dos ramos das FFAA em áreas de capacidade de natureza conjunta, com base nos cenários de atuação, objetivos estratégicos militares, nível de ambição e prioridade de emprego, correlacionando-as com as MIFA¹¹ (CCEM, 2014a).

A capacidade hidrográfica das FFAA, referenciada no SF como capacidade oceanográfica e hidrográfica, é uma das 11 capacidades que residem na Marinha. Ela contribui para seis das sete áreas de capacidade, duas das quais de forma crítica, e para o cumprimento de quinze das vinte missões das FFAA, transversais aos seis cenários de emprego (CCEM, 2014c). Na figura 5 é apresentado o investimento total previsto na Lei de Programação Militar (LPM) para o desenvolvimento desta capacidade, no período de 2015 a 2026, o quinto valor mais elevado face aos das restantes capacidades da Marinha (AR, 2015).

⁹ Ver figura 11, apêndice A.

¹⁰ Sigla em língua inglesa, composta pelas iniciais dos elementos funcionais de uma capacidade: *Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership, Personnel, Facilities, Interoperability*.

¹¹ Ver figura 12, apêndice A.



Figura 5 – Investimento programado nas capacidades da Marinha (2015 a 2026)

Fonte: Adaptado de (AR, 2015)

O planeamento assente na edificação de capacidades exige uma adequada definição de requisitos e uma atempada identificação de lacunas, assim como a conveniente priorização das capacidades a desenvolver (MDN, 2011). Politicamente, encontra-se atribuída prioridade às capacidades que contribuam para: missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma; vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional; e resistência contra ciberataques (MDN, 2014).

3.1.1. Resistência contra ciberataques

A cibercriminalidade encontra-se identificada no CEDN como uma das principais ameaças de natureza global (CM, 2013a). Neste âmbito, tem-se verificado nos últimos anos uma preocupação crescente com a segurança dos cabos submarinos (Sechrist, 2010). Estes cabos transportam 95% das comunicações de voz e dados mundiais (Matis, 2012), sendo responsáveis por 99% do tráfego total da Internet (Gray, 2016). Consequentemente, a sua interrupção pode ter um resultado catastrófico na economia e segurança das nações.

A título de exemplo, em 2006, um sismo a sul de Taiwan cortou nove cabos que levaram 49 dias a restaurar, afetando sete países. Segundo uma perspetiva económica, o *International Cable Protection Committee* (ICPC) estima que a suspensão das comunicações submarinas possa ter um impacto financeiro aproximado de 1,5 milhões de

dólares por hora (Matis, 2012). Numa perspectiva securitária, a apreensão incide também na possibilidade de interceção ou escuta das comunicações, algo já realizado pelos Estados Unidos da América (EUA) em 1971, na operação *Ivy Bells*. Neste sentido, a movimentação de submarinos russos junto a cabos submarinos (Sanger & Schmitt, 2015) e a divulgação das valências do navio hidro-oceanográfico *Yantar* nesta área (Peter, 2018), têm sido encaradas como provocatórias e prenunciadoras de uma possível ofensiva (Dorminey, 2015). A figura 6 ilustra os cabos submarinos que cruzam os espaços marítimos nacionais.

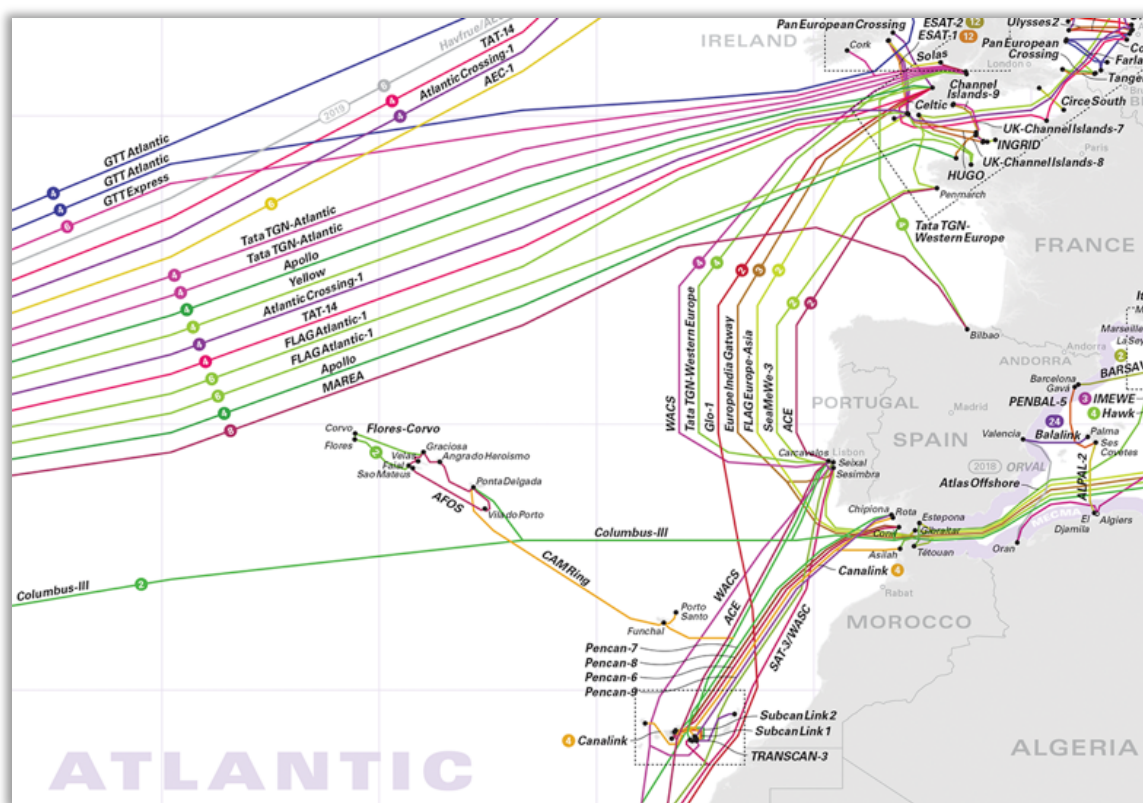


Figura 6 – Cabos submarinos que cruzam os espaços marítimos nacionais

Fonte: (TeleGeography, 2018)

Nesta ótica da cibersegurança, a capacidade topo-hidrográfica assume especial importância, como técnica indispensável para o planejamento, colocação, inspeção e reparação de cabos submarinos, bem como para a sua identificação e rastreamento (NOAA, 2017a).

3.1.2. Vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional

A dimensão dos espaços marítimos nacionais, tendo em consideração a proposta de extensão da plataforma continental (PC) submetida à Organização das Nações Unidas

(ONU), conforme ilustrado na figura 7, exige um modelo de vigilância sustentável e eficaz. A otimização deste processo depende, necessariamente, do conhecimento pormenorizado dos fundos marinhos e da identificação de locais com interesse científico e económico¹², uma vez que é impossível gerir o que não se mede (Liquid Robotics, 2017). Embora a economia do mar esteja a crescer, é necessário preservar o ecossistema no qual ela assenta. Neste sentido, o mapeamento detalhado do território nacional imerso, efetivado através da capacidade topo-hidrográfica, consiste numa premissa essencial para a eficiência da sua proteção.

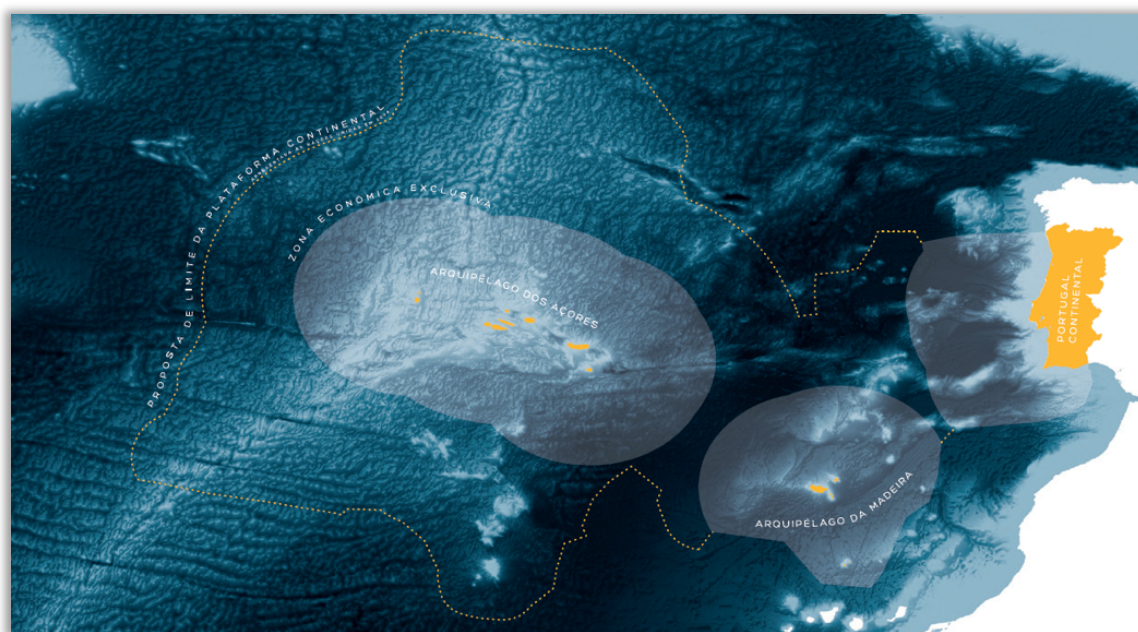


Figura 7 – Proposta de extensão da PC nacional

Fonte: (EMEPC, 2014)

O conhecimento dos fundos marinhos também constitui uma condição decisiva na afirmação nacional nos seus espaços marítimos. As águas portuguesas são frequentemente alvo de cruzeiros científicos estrangeiros¹³, com o intuito de identificar recursos com potencial económico (Silva, 2012). As normas legais internacionais atribuem ao Estado português jurisdição sobre a investigação científica realizada na sua zona económica exclusiva (ZEE) (AR, 1997). A sua execução é autorizada pelo Ministério dos Negócios Estrangeiros (MNE) e prevê a disponibilização dos resultados e conclusões finais, bem como o acesso aos dados e amostras resultantes do projeto (Silva, 2015). Relativamente à

¹² Ver figura 13, apêndice A.

¹³ Ver figura 14, apêndice A.



PC, Portugal detém soberania para efeitos de exploração e aproveitamento dos seus recursos naturais, salvaguardando que, caso não o faça, ninguém poderá empreender essas atividades sem o seu expreso consentimento (AR, 1997). Neste âmbito, o desenvolvimento da capacidade topo-hidrográfica apresenta duas vantagens estratégicas: o conhecimento gerado robustece a posição negocial do Estado português, enquanto simultaneamente o credibiliza como eventual parceiro em atividades de investigação, desenvolvimento e inovação (IDI).

3.1.3. Missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma

A participação em teatros internacionais, no âmbito da segurança cooperativa, defesa coletiva ou num quadro autónomo, para salvaguarda de cidadãos portugueses em áreas de crise ou conflito (MDN, 2014), requer um planeamento específico, para o qual contribuem de forma determinante, entre outros fatores, as características topo-hidrográficas do cenário (OTAN, 2013). Este contributo, de carácter operacional, será abordado especificamente no parágrafo 3.2.2. Ao nível político-estratégico salienta-se que a capacidade topo-hidrográfica contribui de forma crítica para as áreas de capacidade “conhecimento situacional” e “mobilidade e projeção” (CCEM, 2014c), fundamentais para o cumprimento do tipo de missões referidas supra.

A capacidade topo-hidrográfica, essencialmente de natureza técnico-científica, pode também funcionar como vetor de progresso das FFAA e do país. Empreendimentos nesta área podem conduzir a avanços tecnológicos significativos, à semelhança do verificado com, por exemplo, o *Global Positioning System* (GPS), o *Radio Detection and Ranging* (RADAR) (Shu, 2014) e a Internet (Strickland, 2010), que derivaram de projetos de defesa e de pesquisa militar. Neste sentido, o desenvolvimento desta capacidade pode representar uma possibilidade de especialização nacional, em que Portugal assuma uma posição de vanguarda, articulada com os restantes parceiros da OTAN (*Smart Defence*) e da UE (*Pooling and Sharing*) (MDN, 2014). A relevância da capacidade topo-hidrográfica é atualmente reconhecida por diversos países com tradição e ambição marítima, de que são exemplo, os EUA (Delgado, 2009), o Canadá (Eelhart, 2013), a Inglaterra (Evans, 2013), a França (Malik, 2016), a Rússia (Davis, 2015), a China (Hydro, 2008), a Austrália (AHS, 2012) e a Nova Zelândia (Defence IQ, 2016).



3.2. Análise estratégico-operacional

A importância da capacidade topo-hidrográfica é perfilhada por vários países detentores de uma estratégia marítima relevante. Neste sentido, são analisados os seus principais contributos, numa vertente estratégico-operacional e segundo duas perspetivas que traduzem as funções da Marinha¹⁴: apoio à segurança e autoridade do Estado e à defesa militar e política externa (Marinha, 2015).

3.2.1. Apoio à segurança e autoridade do Estado

3.2.1.1. Segurança marítima

A segurança da navegação constitui o objetivo primordial da hidrografia, materializada através da produção e disponibilização de cartografia náutica (OHI, 2015b). O conhecimento pormenorizado do fundo marinho é diretamente proporcional à segurança marítima. A sua insuficiência tem consequências negativas em diversos setores, nomeadamente, no comércio, no turismo, na construção de infraestruturas portuárias, na gestão de zonas costeiras e, eventualmente, no cumprimento de obrigações internacionais (Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar) (OHI, 2016). Neste âmbito, a capacidade topo-hidrográfica propicia condições de segurança marítima, indispensáveis para o uso e exploração do mar.

3.2.1.2. Vigilância dos espaços marítimos

A capacidade topo-hidrográfica desempenha um papel fundamental na delimitação dos próprios espaços marítimos, quer na determinação da linha de baixa-mar ao longo da costa, quer na definição dos critérios de extensão da PC (AR, 1997). Por outro lado, o conhecimento gerado sobre o fundo marinho permite a identificação de recursos naturais e promove a compreensão do ecossistema marinho, podendo aperfeiçoar as medidas adotadas para a sua preservação (OHI, 2015b). Conforme referido anteriormente, face à dimensão dos espaços marítimos sob jurisdição nacional, este conhecimento é essencial para a conceção de uma vigilância sustentável e eficaz.

3.2.1.3. Situações de emergência

O *The Global Risks Report 2018* considera os eventos meteorológicos extremos e as catástrofes naturais, respetivamente, o primeiro e o segundo riscos mais prováveis, e o

¹⁴ Ver figura 15, apêndice A.



segundo e o terceiro riscos com maior impacto em 2018¹⁵. Estes dois riscos encontram-se relacionados com as alterações climáticas (WEF, 2018), que podem ter um efeito devastador nas áreas costeiras (EPA, 2018).

Portugal possui uma extensa faixa litoral, onde se concentram a população¹⁶ (PORDATA, 2018) e as principais atividades económicas, encontrando-se exposto de forma significativa aos referidos riscos. Nesta perspetiva, salienta-se a importância da capacidade topo-hidrográfica na prevenção e resolução de situações de emergência. A prevenção pode ser concretizada através da construção de modelos de inundação (OHI, 2015b), que melhorem a proteção das áreas que evidenciem maior risco e permitam a elaboração de planos de resposta adequados. A resolução encontra-se relacionada com o apoio marítimo a áreas costeiras alvo de catástrofe, apenas possível após a garantia de navegabilidade e acessibilidade aos portos (Eelhart, 2013), de que é exemplo o apoio prestado após o temporal no Funchal em 2010 (RTP, 2010).

A relevância e premência da capacidade topo-hidrográfica em situações de acidente foi reconhecida em 2013 através da criação da Equipa Hidrográfica de Intervenção Rápida (EHIR) (IH, 2014), com o objetivo de proporcionar uma resposta multidisciplinar, pronta e eficaz em cenários desse tipo. Desde então, a EHIR já foi empenhada em diversas situações, nomeadamente, na deteção de aeronaves despenhadas ao largo da Baleeira (outubro de 2014) e da Trafaria (agosto de 2015) e na busca de embarcações naufragadas ao largo da praia das Maças (fevereiro de 2015) (Dias, et al., 2015) e no porto da Figueira da Foz (outubro de 2015), tendo esta última condicionado o acesso ao porto até à sua identificação e remoção.

3.2.2. Apoio à defesa militar e política externa

A importância da capacidade topo-hidrográfica no apoio a missões militares encontra-se profusamente documentada. O planeamento de qualquer operação requer a caracterização pormenorizada do ambiente operacional (OTAN, 2013), a fim de restringir os riscos. Quanto maior for o conhecimento do teatro de operações, mais informadas serão as decisões e melhor será a segurança do pessoal e material envolvidos, num processo em que não importam apenas os sistemas de recolha de informação, mas também os meios e técnicas para o seu processamento, análise e disseminação.

¹⁵ Ver figura 16, apêndice A.

¹⁶ Ver figura 17, apêndice A.

A aquisição de informação topo-hidrográfica integrada, na doutrina da OTAN, um conceito designado por *Rapid Environmental Assessment* (REA), conforme ilustrado na figura 8. O processo REA contribui para a *Recognized Environmental Picture* (REP) (Whitehouse, 2006), essencial para o planeamento e condução de operações conjuntas, em geral, e de operações navais e terrestres, em particular. Esta informação permite, por exemplo, avaliar onde os navios podem navegar em segurança, livres de perigos naturais (baixios) e artificiais (minas), selecionar os locais adequados para desembarques anfíbios e modelar o comportamento das plataformas, armas e sensores que dependam da velocidade de propagação do som debaixo de água. Especificamente, na guerra anti-submarina (ASW¹⁷), na guerra de minas (MW¹⁸), em operações anfíbias (AO¹⁹)(Shaw, 2008) e em operações especiais (SO²⁰), a completa caracterização topo-hidrográfica do cenário de intervenção equivale a uma vantagem tática determinante para o sucesso da missão (Ran, 2005).

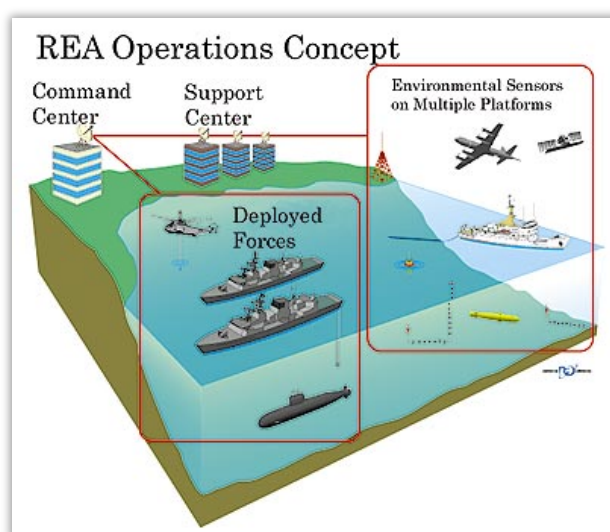


Figura 8 – Conceito de operações REA

Fonte: (Whitehouse, 2006)

A nível internacional, um exemplo da importância da informação topo-hidrográfica em cenários de conflito foi a execução de LTH por parte da NAVOCEANO, em apoio à operação *Iraqi Freedom* (Norden, et al., 2008), entre 2003 e 2011. A nível nacional têm sido realizados exercícios frequentes, o último dos quais em 2017, entre a Marinha, o

¹⁷ Sigla em língua inglesa: *Anti-Submarine Warfare*.

¹⁸ Sigla em língua inglesa: *Mine Warfare*.

¹⁹ Sigla em língua inglesa: *Amphibious Operations*.

²⁰ Sigla em língua inglesa: *Special Operations*.



Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática (LSTS) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e o *Centre for Maritime Research & Experimentation* (CMRE) da OTAN, entre outros, com o objetivo de testar diferentes tecnologias de recolha de informação ambiental através de SNT (Freire, 2017).



4. Sistemas não tripulados de aquisição de dados topo-hidrográficos como potenciadores da capacidade topo-hidrográfica das Forças Armadas

Este capítulo tem como objetivo descrever como a eficiência e a eficácia dos LTH podem ser melhoradas com a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos (OE3). Neste sentido, é estudada a implementação dos SNT nas FFAA e analisados alguns dos resultados já obtidos com a sua aplicação, bem como de outros estudos semelhantes já publicados.

4.1. Proliferação de sistemas não tripulados

O crescente emprego de SNT tem sido transversal aos diversos setores da economia, com aplicações proveitosas, por exemplo, na indústria, agricultura, segurança e defesa (Handwerk, 2013). A procura por este tipo de tecnologia tem provocado avultados investimentos nas companhias responsáveis pela sua produção, num mercado que aumenta de ano para ano (Wilkens, 2018).

As vantagens dos SNT são praticamente empíricas e estão relacionadas com a dicotomia homem-máquina: maior rendimento em tarefas sistemáticas ou repetitivas, maior capacidade de processamento e análise e menor exposição ao risco em áreas de perigo ou conflito. No entanto, a massificação da sua utilização tenderá a intensificar alguns desafios, maioritariamente relacionados com a regulamentação do seu uso, por questões éticas, de segurança (Shifter, 2018) e privacidade (Lusa, 2018a).

Segundo a perspetiva descrita supra e atendendo a que a liderança tecnológica contribui para a *first-mover advantage* (Lieberman & Montgomery, 1988), considera-se fundamental que as FFAA acompanhem o desenvolvimento de SNT, aproveitando as oportunidades e maximizando as potencialidades que advêm do seu emprego.

4.2. Sistemas não tripulados nas Forças Armadas

4.2.1. Marinha

A importância estratégica dos SNT encontra-se identificada pela Marinha desde 2004 (Diretiva Genética de 2004), sob a designação de veículos não tripulados (VENT)²¹ (CEMA, 2017). Neste sentido, em 2014, a necessidade de UAV foi prevista como atributo de duas das capacidades da Marinha: “oceânica de superfície e “patrulha e fiscalização”

²¹ A Marinha utiliza o termo VENT. Neste TII optou-se pela denominação SNT, entendendo que o termo “sistema”, mais abrangente do que “veículo”, define de melhor forma a tecnologia em questão.



(CEM, 2014c). Consequentemente, em 2015, foi criado o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento de Veículos Não Tripulados (GT-VENT), sob a coordenação do EMA (CEMA, 2017).

A exploração operacional de UAV tem sido conduzida pela Célula de Experimentação Operacional de Veículos Não Tripulados Aéreos (CEOV), funcionando na estrutura do CN, enquadrada no Núcleo Operacional e de Planeamento do GT-VENT (CEMA, 2017). A CEOV tem como principal objetivo o desenvolvimento, experimentação e validação operacional de SNT, no âmbito de projetos internos e externos (Lança, 2018), de que são exemplo, os protocolos de colaboração assinados com a *Tekever* (Marinha, 2016a) e com a *UAVision* em 2016 (Marinha, 2016b). A aquisição de dados topo-hidrográficos por parte de UAV, apesar de prevista, encontra-se ainda numa fase inicial. O seu desenvolvimento passa pela definição dos conceitos de emprego, das missões associadas e dos respetivos cenários de atuação (Lança, 2018).

No que respeita aos UUV, a experimentação operacional tem estado a cargo do DMS3 (Lamego, 2018), em parceria com o LSTS da FEUP, fruto de um protocolo de cooperação assinado com a Universidade do Porto (UP) em 2006 (Marinha, 2006). Estes SNT têm sido principalmente utilizados em operações de MW, para deteção de objetos no fundo, através de sonar lateral, câmara fotográfica e SMF (Lamego, 2018). O exercício *REP*, organizado anualmente, tem permitido a aplicação prática desta tecnologia, bem como testar protocolos de comunicações submarinas entre os UUV, submarinos, navios e boias de superfície (LSTS, 2017), entre os quais o JANUS²², recentemente desenvolvido pela OTAN (CMRE, 2017). Resultante deste processo bem apoiado e multidisciplinar, a nível das FFAA, os UUV constituem, atualmente, o SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos mais desenvolvido.

Pelo contrário, o emprego operacional de USV é o mais demorado, encontrando-se ainda em fase de preparação do projeto, nomeadamente o *SeaFalcon II* (CINAV, 2018).

4.2.2. Exército

O CIGeoE tem como missão providenciar informação geoespacial ao Exército e a outras entidades, bem como desenvolver atividades de investigação científica e tecnológica (CIGeoE, 2013). Como órgão de referência, no seio do Exército, para a aquisição de dados

²² O JANUS é um protocolo de comunicações submarinas desenvolvido pelo CMRE da OTAN. A designação deriva do deus romano das aberturas e portais.



topográficos, o CIGeoE tem acompanhado atentamente as inovações tecnológicas nesta área, concentrando os seus esforços no processamento fotogramétrico de dados adquiridos com UAV. Embora detenha também a capacidade de processar dados provenientes de LiDAR, esta técnica e análise não foram ainda testadas a partir de UAV (Franco, 2018).

O Exército tem previsto o emprego de UAV em contexto operacional, não dedicados exclusivamente à aquisição de dados topográficos, mas podendo vir a dispor também dessa valência, em caso de necessidade (Franco, 2018). Neste âmbito, salienta-se que o Exército, ao contrário da Marinha, não possui a capacidade topográfica inscrita no SF, mas definiu uma Unidade de Apoio Geoespacial como atributo da capacidade “informações, vigilância, aquisição de objetivos e reconhecimento terrestre” (CCEM, 2014c).

Atualmente, o CIGeoE não possui nenhum UAV. No entanto, fruto de parcerias com universidades e indústrias, tem tido a oportunidade e o interesse de testar plataformas de aquisição e *software* de processamento, bem como de gerar produtos com aplicação prática. O CIGeoE reconhece que, no futuro, os SNT irão abarcar diversas potencialidades, procurando, atualmente, operacionalizar essa tecnologia e adequá-la aos objetivos do Exército e das FFAA (Franco, 2018).

4.2.3. Força Aérea

A investigação de UAV na FA iniciou-se em 2006 através do desenvolvimento de um Sistema de Piloto Automático *MicroPilot* instalado em modelos de avião radio-controlados. Em 2009, a pesquisa nesta área sofreu um grande impulso com o início do projeto de investigação e tecnologia em veículos aéreos não tripulados (PITVANT) (Caetano, 2018). As atividades de IDI nesta área decorreram ao longo de quatro fases²³ e são conduzidas, desde 2015, pelo Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação da Força Aérea (CIDIFA) (Morgado, 2016).

Atualmente, a FA dispõe de três tipos de UAV de asa fixa e um de asa móvel, tipo inseto, para missões de natureza furtiva²⁴. Encontra-se envolvida em diversos projetos com outros parceiros, nomeadamente, o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC-TEC), o Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel (CEIIA), o Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial (INEGI) (centros de produção e inovação) e *UAVision* (Caetano,

²³ Ver figura 18, apêndice A.

²⁴ Ver figura 19, apêndice A.



2018). A sua liderança tecnológica na área dos UAV já lhe permitiu vencer concursos internacionais de aplicação dos referidos meios, designadamente, no controlo de rotas migratórias no mar Mediterrâneo (APANT, 2017).

No que respeita a sensores topo-hidrográficos, em 2015, foram efetuados testes de âmbito fotogramétrico, não tendo sido ainda efetuadas provas com sistemas LiDAR (Caetano, 2018). Neste sentido, a estratégia da FA tem passado pela consolidação das plataformas, de forma a poder integrar os sensores adequados consoante o objetivo do voo.

4.3. Eficiência dos levantamentos topo-hidrográficos

A capacidade topo-hidrográfica é materializada através da execução de LTH. A sua eficiência pode ser melhorada com a utilização de SNT, otimizando a relação entre o produto operacional e os recursos despendidos: tempo, recursos humanos, recursos materiais e recursos financeiros.

4.3.1. Tempo

O fator tempo pode ser subdividido em três parcelas que habitualmente integram um LTH, a que correspondem aproximadamente as seguintes percentagens: movimentação de meios (10%), aquisição de dados (30%) e o respetivo processamento (60%).

Os SNT são meios de menor dimensão que as plataformas tradicionais de sondagem, demorando menos tempo a mobilizar e a desmobilizar. Cumulativamente, o planeamento para a respetiva deslocação não é tão elaborado, necessitando de menos antecedência, o que o torna também mais célere. Por norma, os equipamentos mantêm-se instalados na plataforma quando esta não se encontra a ser utilizada, o que lhe confere um nível de prontidão superior, dispensando as demoradas tarefas de medição de *offsets* entre sensores e provas de aferição (NOAA, 2015). Assim, o seu emprego reforça substancialmente as valências da EHIR.

Existem alguns estudos publicados que demonstram que a aquisição de dados por SNT é mais rápida do que através dos meios tradicionais (Williams, 2016). No caso dos UAV, esta desigualdade resulta destes empregarem velocidades de sondagem e taxas de aquisição de dados bastante superiores (Quadros, 2016). No caso dos USV, a diferença justifica-se porque estes executam as fiadas com melhor exatidão (menor afastamento lateral), em virtude da prévia programação do percurso, mantido através do posicionamento dinâmico. Nos casos analisados, verificou-se também que o tempo

decorrido entre fiadas, que habitualmente representa uma percentagem considerável do tempo de aquisição, é menor nos LTH efetuados com SNT (Williams, 2016).

Os SNT possibilitam que a aquisição de dados decorra, praticamente, sem a intervenção do hidrógrafo. Isto permite-lhe dedicar maior atenção à monitorização da qualidade do levantamento e ao processamento de dados em tempo real, algo que, com recurso aos meios tradicionais, só realizaria após terminar a aquisição. Tendo em consideração as percentagens referidas anteriormente, tudo o que provocar a sobreposição do processamento à aquisição, resulta numa avultada poupança de tempo, conforme ilustrado na figura 9. Com o objetivo de desenvolver esta potencialidade dos SNT, foram desenvolvidos sistemas, nomeadamente, o *CARIS Onboard*, que permitem o processamento em tempo real, enviando informação selecionada da plataforma para o hidrógrafo e facilitando a respetiva supervisão. Num cenário de emprego com vários SNT e apenas uma equipa de hidrógrafos, esta vantagem representa um importante multiplicador de força (CARIS, 2015).

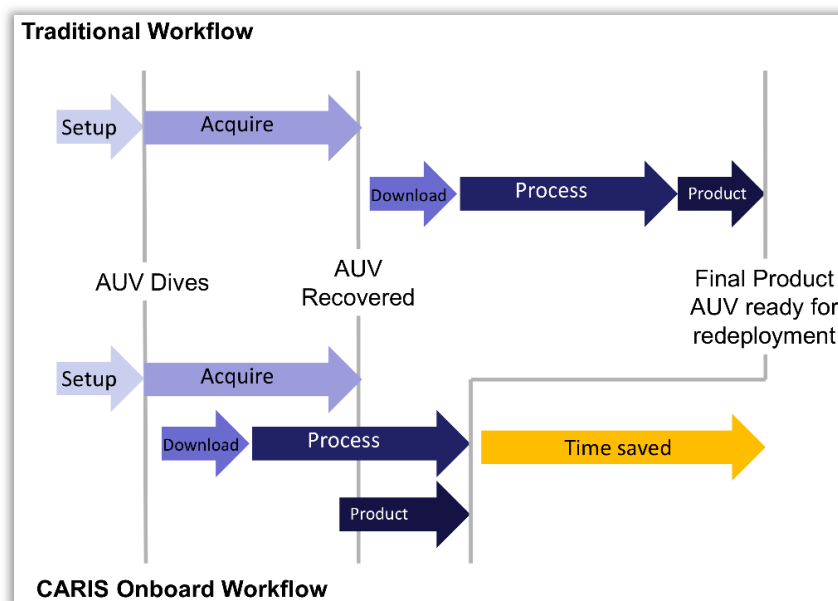


Figura 9 – Poupança de tempo num LTH com processamento em tempo real

Fonte: (CARIS, 2015)

4.3.2. Recursos humanos

Os SNT têm implícita a racionalização de recursos humanos. Esta poupança traduz-se diretamente na dispensa do patrão da embarcação de sondagem, responsável pela sua manobra e condução.



De forma indireta, os SNT podem reduzir a necessidade de recursos humanos em LTH de grandes dimensões ou com prazos de entrega limitados. Habitualmente, estes trabalhos requerem a presença de mais do que um hidrógrafo no terreno, colocados em diferentes níveis: operacional, responsável pela condução do levantamento (vulgarmente designado por Hidrógrafo do LTH); tático, responsável pela sua execução. Conforme referido no parágrafo relativo ao recurso tempo, esta necessidade de duplicação pode ser minorada, uma vez que os SNT libertam o hidrógrafo de tarefas de nível tático, permitindo-lhe desdobrar-se em funções do escalão superior.

A utilização de SNT gera automaticamente um volume de dados superior ao atual, tornando o termo *Big Data* uma realidade também da hidrografia. Neste âmbito, assumem especial importância a efetividade do controlo de qualidade dos dados adquiridos, a celeridade do seu processamento e a disponibilidade dos produtos finais (Rumson, 2018). O desenvolvimento de ferramentas capazes de materializar estas prioridades, exige que os recursos humanos tenham uma formação mais avançada e específica, bem como dominem novas áreas como a da ciência de dados (*data science*) (Cooper, 2018).

4.3.3. Recursos materiais

Os SNT possuem menor dimensão do que os meios tradicionais de sondagem e, geralmente, uma manutenção menos complexa e gastos com consumíveis (por exemplo, combustível) bastante menores (Cruz & Varela, 2017). Comparativamente, o respetivo transporte logístico é também mais simples, tornando-os uma alternativa mais flexível, envolvendo uma mobilização mais fácil e célere (Mallace, 2018).

Esta vantagem assume extrema importância quando existe necessidade de realizar LTH em áreas distantes da base de origem e se torna indispensável a projeção dos meios. Como exemplo prático, realçam-se os levantamentos efetuados recentemente nos Açores e na Madeira, assim como em Cabo Verde e em São Tomé e Príncipe. Atualmente, para este tipo de trabalhos apenas existem duas soluções: transportar o meio tradicional de sondagem²⁵ num navio de maiores dimensões, normalmente o Navio da República Portuguesa (NRP) *D. Carlos I* ou o NRP *Almirante Gago Coutinho*²⁶; ou enviar os equipamentos por uma transportadora e instalá-los localmente numa embarcação de oportunidade, conforme ilustrado na figura 10. Qualquer uma das opções apresenta

²⁵ Ver figura 20, apêndice A.

²⁶ Ver figura 21, apêndice A.



compromissos que os SNT, como alternativa, facilmente colmatariam: a primeira implica elevados custos financeiros relacionados com a logística do navio; a segunda acarreta alguns riscos técnicos, resultantes da adaptação e utilização de uma embarcação não adequada para o trabalho.



Figura 10 – Embarcação de sondagem de oportunidade com um SMF instalado na proa

Fonte: (IH, 2014)

4.3.4. Recursos financeiros

A economia financeira encontra-se relacionada com os três recursos referidos anteriormente. Um LTH envolverá uma despesa menor quanto: menor for a sua duração, menores forem os recursos humanos envolvidos e mais simples for a respetiva logística.

Os SNT têm um custo de mobilização menor. No entanto, em LTH com áreas de sondagem muito extensas, podem envolver um custo de operação maior, fruto das suas limitações de autonomia e segurança, no que respeita à navegação livre de perigos e às restrições legais de voo (Applanix, 2018). Nesta perspetiva, existe vantagem em empenhar vários SNT, com mais do que um tipo de plataforma (por exemplo, USV e UUV), estendendo significativamente a respetiva *endurance* (Rumson, 2018). A navegação autónoma dos SNT, principalmente dos USV, uma vez que circulam no meio mais lotado,



tem sido alvo de desenvolvimentos recentes, no âmbito da aprendizagem computacional, de modo a melhorar a sua segurança e evitar colisões (Hydro, 2018).

Atualmente, o valor do investimento inicial na aquisição de SNT, principalmente no que respeita aos UUV, é superior ao dos meios tradicionais, prevendo-se, no entanto que este valor diminua com a massificação da respetiva tecnologia.

4.4. Eficácia dos levantamentos topo-hidrográficos

A eficácia dos LTH pode ser melhorada com a utilização de SNT, ampliando os cenários de atuação e a qualidade dos produtos finais. Seguidamente, são descritos, para cada tipo de SNT, os benefícios expectáveis em eficácia.

4.4.1. Unmanned Aerial Vehicle

Os UAV operam no meio aéreo, o que confere menor risco à sua operação, encontrando-se isentos das limitações e dos perigos inerentes ao meio aquático, nomeadamente, ondulação e corrente. Analogamente, em zonas costeiras com rochedos e escarpas, a sua operação mantém-se proveitosa, numa perspetiva de segurança. Neste sentido, concetualmente, são plataformas muito mais eficazes do que as tradicionais, quando as condições meteo-oceanográficas são adversas, no caso da hidrografia, ou quando o terreno é extremamente acidentado, no caso da topografia. No entanto, na prática e no que respeita à hidrografia, as condições adversas não impedem a sua operação, mas limitam o seu desempenho, devido ao seu impacto na penetração do feixe laser na coluna de água.

O maior benefício que os UAV representam em termos de eficácia, encontra-se relacionado com o próprio sistema LiDAR. Este permite aumentar exponencialmente a densidade de medições por unidade de área, quando comparado com os métodos tradicionais, melhorando consideravelmente a resolução e o detalhe dos produtos finais. A título de exemplo, um LT através de métodos tradicionais poderá gerar: através de estação total, uma medição a cada 10 segundos; através de GNSS, uma medição por segundo. Comparativamente, um *laser-scanner* pode produzir cerca de um milhão de medições por segundo (Cruz, et al., 2015): se estiver baseado em terra, têm que se efetuar múltiplos estacionamentos (deslocações de ponto para ponto) o que diminui a eficiência; mas se estiver instalado num UAV, o levantamento é contínuo e, desta forma, otimizado.



4.4.2. *Unmanned Surface Vehicle*

Os USV utilizam tecnologia idêntica à dos meios tradicionais e operam em condições semelhantes, pelo que, numa perspetiva simplista, não acrescentam eficácia. No entanto, a sua mais-valia advém dos eventuais cenários de atuação.

Os USV podem ser empregues eficazmente em áreas de pouca profundidade, onde prevalecem diversos perigos para o pessoal e material (Hydro, 2017c). Muitas destas áreas, apesar de se encontrarem junto a costa, permanecem por sondar ou os respetivos levantamentos são antigos e com métodos pouco rigorosos para os padrões atuais (NOAA, 2015). Tradicionalmente, estes levantamentos, por questões de segurança, são realizados com equipamentos portáteis, habitualmente sistemas sondadores de feixe simples (SFS), instalados em embarcações semirrígidas, caracterizadas por terem pouca *endurance*. Comparativamente, um USV com SMF torna-se, não só mais eficiente, mas também mais eficaz ao gerar um maior número de medições (decorrente das diferenças técnicas entre SMF e SFS) e um produto operacional mais detalhado.

Os USV podem ser equipados com um *laser-scanner* capaz de adicionar a capacidade topográfica à hidrográfica (Renishaw, 2018). De entre os SNT, os USV são os únicos que, atualmente, detêm uma capacidade topo-hidrográfica consolidada. Conforme referido anteriormente, a capacidade hidrográfica dos UAV encontra-se ainda muito limitada pelas técnicas existentes (LiDAR e fotogrametria), e os UUV, por enquanto, ainda não abrangem a capacidade topográfica.

4.4.3. *Unmanned Underwater Vehicle*

Os UUV distinguem-se dos restantes SNT pela capacidade de operarem de forma furtiva, o que se traduz em superioridade tática e maior eficácia em missões de natureza reservada, nomeadamente, na deteção de minas e na definição de rotas seguras para a navegação.

Ao contrário das plataformas tradicionais, os UUV operam independentemente do estado do mar à superfície, o que, numa situação em que se verifiquem condições meteorológicas adversas, os torna mais eficazes, inclusivamente, quando comparados com os outros tipos de SNT.

Os UUV podem variar a profundidade de operação, o que lhes confere um nível de eficácia superior a qualquer outra plataforma, na deteção de objetos e no mapeamento de alta resolução do fundo marinho. Em exercícios de identificação de minas, foi comprovado



que os UUV detetam mais alvos do que os meios tradicionais de superfície (Lamego, 2018). Isto ocorre porque a resolução dos sistemas sondadores acústicos é, fisicamente, definida em graus. Consequentemente, quanto mais perto do sondador estiver o objeto, menor será a pegada (*footprint*) acústica e melhor será a resolução. Quanto melhor for a resolução, menor será o tamanho mínimo necessário para o objeto ser identificado (limiar de deteção) e, naturalmente, melhor será o desempenho. A mobilidade dos UUV na coluna de água permite ainda superar algumas limitações inerentes à propagação do som no meio submarino (por exemplo, a atenuação e a existência de zonas de sombra), resultando numa eficácia superior aos USV (Rumson, 2018).



Conclusões

Este TII procurou responder de forma crítica e estruturada ao problema “como pode a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos potenciar a capacidade topo-hidrográfica das FFAA?” (QC). A investigação baseou-se no raciocínio indutivo e numa estratégia qualitativa, adotando-se como desenho de pesquisa o caso de estudo, recorrendo à análise documental e a entrevistas semiestruturadas.

A resposta à QC assentou na sua decomposição em duas variáveis: independente, “SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos”; e dependente, “capacidade topo-hidrográfica das FFAA”. Neste sentido, foram formuladas três QD, desenvolvidas ao longo do segundo, terceiro e quarto capítulos, com o propósito de caracterizar, individualmente, cada uma das variáveis, e de analisar o efeito que a manipulação da variável independente provocaria na variável dependente.

O segundo capítulo abordou as características dos SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos (QD1). Conforme referido, os SNT são geralmente classificados em UAV, USV e UUV, consoante o tipo de plataforma em que operam (aérea, de superfície e submarina, respetivamente). A sua comparação, permitiu destacar vantagens e limitações que se encontram sistematizadas no apêndice B. Em resumo, salienta-se que: apesar da polivalência, as técnicas de sondagem dos UAV ainda não demonstram eficácia suficiente em LH; os USV têm menor custo de aquisição, sendo expectável que a respetiva operação revele uma menor curva de aprendizagem; e os UUV detêm o maior potencial, apesar das vulnerabilidades ainda existentes a nível do posicionamento e das comunicações submarinas.

O terceiro capítulo versou a relação existente entre a capacidade topo-hidrográfica das FFAA e o planeamento e execução das suas missões (QD2). Neste âmbito, evidenciou-se que a capacidade topo-hidrográfica: constitui uma das 11 capacidades que residem na Marinha; contribui para seis das sete áreas de capacidade, duas das quais, “conhecimento situacional” e “mobilidade e projeção”, de forma crítica; e contribui para o cumprimento de 15 das 20 missões das FFAA, transversais aos seis cenários de emprego.

Numa perspetiva político-estratégica verificou-se ainda que a capacidade topo-hidrográfica pode ser enquadrada nas três áreas definidas como prioritárias: missões de segurança cooperativa, coletiva e autónoma; vigilância e afirmação nos espaços marítimos sob jurisdição nacional; resistência contra ciberataques. Numa perspetiva estratégico-operacional salientou-se o contributo desta capacidade para duas das funções da Marinha,



nomeadamente, “segurança e autoridade do estado” e “defesa militar e apoio à política externa”, considerando axiomático o contributo para a terceira função, “desenvolvimento económico, científico e cultural”.

O quarto capítulo descreveu como a utilização de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos pode melhorar a eficiência e a eficácia dos LTH (QD3). Neste sentido, resumiram-se as atuais tendências e os trabalhos conduzidos nesta área por cada um dos ramos das FFAA.

A melhoria da eficiência, resultante da utilização de SNT, foi apresentada em função da poupança gerada nos recursos, nomeadamente: diminuição do tempo de sondagem, emprego de menos recursos humanos, menores custos logísticos e de manutenção; traduzindo-se, de um modo geral, numa economia a nível financeiro.

A melhoria da eficácia foi estruturada por plataforma, destacando-se: o menor risco e maior flexibilidade dos UAV; os USV como a solução atualmente mais robusta e adequada para águas pouco profundas; e a natureza furtiva e o enorme potencial dos UUV.

Assim, os resultados obtidos através da resposta ao problema da investigação contribuíram para:

- Hierarquizar os diferentes tipos de SNT, segundo o seu desempenho na aquisição de dados topo-hidrográficos, evidenciando as respetivas potencialidades e vulnerabilidades;
- Demonstrar a importância da capacidade topo-hidrográfica no cumprimento das missões das FFAA, enquadrando-a na edificação da estratégia de Defesa Nacional;
- Explicar como o emprego de SNT de aquisição de dados topo-hidrográficos melhora a eficiência e a eficácia da atual capacidade topo-hidrográfica das FFAA.

A pesquisa realizada no âmbito deste TII motivou ainda algumas recomendações, organizadas nas seguintes vertentes:

- Numa perspetiva genética, torna-se necessário dotar as FFAA de SNT em quantidade, qualidade e oportunidade. Especificamente, no que respeita à quantidade, considera-se urgente o desenvolvimento de USV, a fim de evitar que a disparidade para as restantes plataformas se torne irreversível. Várias são as FFAA congéneres que reconhecem o potencial futuro dos SNT, pelo que se



recomenda o seguimento dessa tendência, evitando uma mudança tardia que se possa traduzir em rutura;

- Numa perspetiva estrutural, a importância crescente dos SNT exige que eles assumam maior relevância na estrutura e planeamento das FFAA. Apesar de existirem projetos em desenvolvimento por cada um dos ramos, a necessidade de convergência é inequívoca. À semelhança do verificado com a “ciberdefesa”, recomenda-se que na próxima revisão do SF seja edificada uma capacidade ao nível do Estado-Maior-General das Forças Armadas (EMGFA) relacionada com os SNT;
- Numa perspetiva operacional, deve ser fomentado o emprego de SNT em missões das FFAA, assegurando o respetivo acompanhamento e *feedback*, de forma a garantir a continuidade do conhecimento e o encurtamento da curva de aprendizagem.

No decorrer deste estudo não foi possível realizar uma pesquisa experimental. A resposta ao problema foi delimitada à análise de casos análogos, conduzidos por terceiros, e à respetiva adaptação e contextualização. Neste sentido, sugere-se, como linha de investigação futura, a execução, por parte da Marinha, de um LTH com recurso a SNT e a meios tradicionais, confrontando experimentalmente os resultados obtidos a nível de eficiência e de eficácia e consolidando a análise custo-benefício.



Bibliografia

- Aarnink, J. L., 2017. *Bathymetry Mapping using Drone Imagery*. [Online] Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ad607109b-5891-46bc-8670-fc9b99a2b409> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- AHS, Australian Hydrographic Service, 2012. *Australian Hydrographic Service - Roles and Responsibilities*. [Online] Disponível em: http://www.hydro.gov.au/factsheets/WFS_Roles_And_Responsibilities.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Altigator, 2018. *Drone, UAV, UAS, RPA or RPAS....* [Online] Disponível em: <http://altigator.com/drone-uav-uas-rpa-or-rpas/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- APANT, Associação Portuguesa de Aeronaves Não Tripuladas, 2017. *TEKEVER e Força Aérea ganham concurso europeu de drones*. [Online] Disponível em: <http://apant.pt/tekever-e-forca-aerea-ganham-comcurso-europeu-de-drones/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Applanix, 2018. *Comparing Manned versus Unmanned Surveying*. [Online] Disponível em: <https://www.applanix.com/news/blog-comparing-manned-vs-unmanned> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- AR, Assembleia da República, 1997. *Aprova, para ratificação, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e o Acordo Relativo à Aplicação da Parte XI da mesma Convenção (Resolução da Assembleia da República n.º 60-B/97)*. Lisboa: Diário da República.
- AR, Assembleia da República, 2009. *Aprova a Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas (Lei Orgânica n.º 1-A/2009 de 7 de julho)*. Lisboa: Diário da República.
- AR, Assembleia da República, 2015. *Aprova a Lei de Programação Militar (Lei Orgânica n.º 7/2015 de 18 de maio)*. Lisboa: Diário da República.
- Caetano, Capitão J., 2018. *Força Aérea* [Entrevista] (3 maio 2018).
- CARIS, 2015. *CARIS Onboard*. [Online] Disponível em: http://www.hydroconferences.org/documents/hydroconferences/downloads/6/presentation_12_-_andy_hoggarth.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- CCEM, Conselho de Chefes de Estado-Maior, 2014a. *Conceito Estratégico Militar - CEM 2014*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- CCEM, Conselho de Chefes de Estado-Maior, 2014b. *Missões das Forças Armadas - MIFA 2014*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.



- CCEM, Conselho de Chefes de Estado-Maior, 2014c. *Sistema de Forças - SF 2014*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.
- CEMA, Chefe do Estado-Maior da Armada, 2017. *Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de veículos não tripulados (GT-VENT) (Despacho do Almirante Chefe do Estado-Maior da Armada n.º 13/17 de 6 de março)*. Lisboa: Marinha.
- CIGeoE, Centro de Informação Geoespacial do Exército, 2013. *Missão, Visão e Política*. [Online] Disponível em: <https://www.igeoe.pt/index.php?id=28> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- CINAV, Centro de Investigação Naval, 2018. *6.º Encontro do CINAV*. Alfeite: Marinha.
- CM, Conselho de Ministros, 2013a. *Conceito Estratégico de Defesa Nacional (Resolução do Conselho de Ministros n.º 19/2013 de 5 de abril)*. Lisboa: Diário da República.
- CM, Conselho de Ministros, 2013b. *Reforma «Defesa 2020» (Resolução do Conselho de Ministros n.º 26/2013 de 19 de abril)*. Lisboa: Diário da República.
- CMRE, Centre for Maritime Research & Experimentation, 2017. *JANUS, the CMRE underwater communication protocol, becomes a NATO standard*. [Online] Disponível em: <http://www.cmre.nato.int/news-room/blog-news-archive/42-rokstories/398-janus-the-cmre-underwater-communication-protocol-becomes-a-nato-standard> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Cooper, P., 2018. *Hydrographic Data Science - The Art and Craft of Making Useful Hydrography*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/hydrographic-data-science> [Acedido em 30 abril 2018].
- Crimmins, D. & Manley, J., 2008. *What Are AUVs, and Why Do We Use Them?*. [Online] Disponível em: <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/08auvfest/background/auvs/auvs.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Cruz, C. & Varela, C., 2017. *Força Aérea treina com drones que farão vigilância no Mediterrâneo*. [Online] Disponível em: <https://www.jn.pt/nacional/videos/interior/forca-aerea-treina-com-drones-que-farao-vigilancia-no-mediterraneo-5715925.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Cruz, J., Santos, L. & Vicente, J., 2015. *Tecnologia laser scanning na realização de levantamentos topo-hidrográficos*. [Online] Disponível em: http://viiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicao_16.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- Davis, A., 2015. *Maritime Doctrine of the Russian Federation*. [Online] Disponível em: https://dnngwick.blob.core.windows.net/portals/0/Maritime%20Doctrine%20TransENGrus_FINAL.pdf?sr=b&si=DNNFileManagerPolicy&sig=j0ZtC1bqls8iaELlorBvNweGEwh5jekh4QsZcFgxtPM%3D [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Defence IQ, 2016. *Oceanographic Survey Vessels can “enable crucial capability” for military operations*. [Online] Disponível em: <https://www.defenceiq.com/naval-and-maritime-defence/articles/oceanographic-survey-vessels-can-“enable-crucial> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Delgado, R. R., 2009. *Fleet Survey Team: Providing Operational Hydrography to the U.S. Navy*. [Online] Disponível em: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a527615.pdf> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Dias, T., Fortes, I. & Vicente, J., 2015. *Hidrografia e Cartografia em situações de emergência*. [Online] Disponível em: http://viiiicncg.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicao_37.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Dorminey, B., 2015. *How Bad Would It Be If The Russians Started Cutting Undersea Cables? Try Trillions In Damage*. [Online] Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/brucedorminey/2015/11/02/russian-navy-probing-u-s-undersea-communications-cables-in-new-global-threat/#5a2a41d76f9c> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Eelhart, M. W., 2013. *Charting the Future: the need for Naval Hydrography*. [Online] Disponível em: <https://www.cfc.forces.gc.ca/259/290/299/286/eelhart.pdf> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- EMEPC, Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental, 2014. *Atlas - Projeto de Extensão da Plataforma Continental*. Lisboa: EMEPC.
- EPA, Environmental Protection Agency, 2018. *Climate Impacts on Coastal Areas*. [Online] Disponível em: https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-coastal-areas_.html [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Evans, G., 2013. *Charting the seas: the Royal Navy's hydrographic heritage*. [Online] Disponível em: <https://www.naval-technology.com/features/featurecharting-seas-royal-navy-hydrographic-heritage/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Flick, U., 2004. *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Franco, Major S., 2018. *Centro de Informação Geoespacial do Exército* [Entrevista] (9 março 2018).



- Freire, M. C., 2017. *Portugueses põem drones subaquáticos a decidir sozinhos*. [Online] Disponível em: <https://www.dn.pt/portugal/interior/portugueses-poem-drones-subaquaticos-a-decidir-sozinhos-8672990.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Geo-matching, 2018. *USVs - Unmanned Surface Vehicles*. [Online] Disponível em: <http://geo-matching.com/category/id71-usvs-unmanned-surface-vehicles.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Giodini, S., Binnerts, B. & Blom, K., 2016. *Can I Communicate with My AUV?*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/can-i-communicate-with-my-auv> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Giodini, S., Spek, E. v. d. & Dol, H., 2015. *Underwater Communications and the Level of Autonomy of AUVs*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/underwater-communications-and-the-level-of-autonomy-of-auvs> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Gray, A., 2016. *This map shows how undersea cables move internet traffic around the world*. [Online] Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/11/this-map-shows-how-undersea-cables-move-internet-traffic-around-the-world/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Handwerk, B., 2013. *5 Surprising Drone Uses (Besides Amazon Delivery)*. [Online] Disponível em: <https://news.nationalgeographic.com/news/2013/12/131202-drone-uav-uas-amazon-octocopter-bezos-science-aircraft-unmanned-robot/#close> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Hart, P., 2018. *ASV* [Entrevista] (22 março 2018).
- Higgins, S., 2014. *Faster, More Powerful LiDAR for Small UAVs, Airborne Mapping*. [Online] Disponível em: <https://www.spar3d.com/blogs/the-other-dimension/vol12no47-faster-lighter-more-precise-lidar-for-small-uavs-aerial-mapping/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Higgins, S., 2016. *Drone LIDAR vs Photogrammetry: A Technical Guide*. [Online] Disponível em: <https://www.spar3d.com/news/lidar/drone-lidar-vs-photogrammetry-technical-guide/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2008. *Hydrography in China - Hydro International interviews Professor and Commodore Liu Yanchun*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/hydrography-in-china> [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- Hydro, 2017a. *AUV and ROV Play Important Role in Multinational EOD Exercise*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/auv-and-rov-play-important-role-in-multinational-eod-exercise> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2017b. *JANUS Agreed as First International Underwater Communication Protocol*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/janus-first-international-underwater-communication-protocol> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2017c. *Unmanned Mapping of Ultra-shallow Waters*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/unmanned-mapping-of-ultra-shallow-waters> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Hydro, 2018. *Enhancing Safe Autonomous Navigation at Sea Using Deep Learning Techniques*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/news/enhancing-safe-autonomous-navigation-at-sea-using-deep-learning-techniques> [Acedido em 30 abril 2018].
- IH, Instituto Hidrográfico, 2014. *Instrução Permanente - Equipa Hidrográfica de Intervenção Rápida (IP.OR.03)*. Lisboa: Instituto Hidrográfico.
- Jiménez, M. L. I., 2018. *RIEGL* [Entrevista] (7 março 2018).
- Kongsberg, 2017. *Hydroid Delivers First New Generation REMUS 100 Autonomous Underwater Vehicle*. [Online] Disponível em: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/3F8428F7B175979FC125819F004D20DE?OpenDocument> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Kortnieiev, S., Shuliak, V. & Otradnov, K., 2016. *Underwater Wireless Video Communication*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/underwater-wireless-video-communication> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Lamego, Capitão-tenente C., 2018. *Destacamento de Mergulhadores Sapadores N.º 3* [Entrevista] (20 fevereiro 2018).
- Lança, Primeiro-tenente M., 2018. *Comando Naval* [Entrevista] (23 março 2018).
- Lieberman, M. B. & Montgomery, D. B., 1988. *First-Mover Advantages*. [Online] Disponível em: https://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/entrepreneur/download/Artikel_Internetoeconomie/Lieberman_First_Mover.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- Liquid Robotics, 2017. *The New Economics of Marine Environmental Monitoring*. [Online] Disponível em: <https://www.liquid-robotics.com/blog/new-economics-marine-environmental-monitoring/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- LSTS, Laboratório de Sistemas e Tecnologia Subaquática, 2017. *AUVs, Acoustics, and Manned Submarines Ops*. [Online] Disponível em: <https://rep17.lsts.pt/news/auvs-acoustics-and-manned-submarines-ops> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Lusa, 2018a. *E se a lei dos drones for assim?*. [Online] Disponível em: <https://www.dn.pt/media/interior/protecao-de-dados-quer-limitar-captacao-por-drones-e-criar-regime-para-jornalistas-9134365.html> [Acedido em 30 março 2018].
- Lusa, 2018b. *Ministro da Defesa reconhece falta de atração da carreira militar mas rejeita "polémica escondida"*. [Online] Disponível em: <https://www.dn.pt/lusa/interior/ministro-da-defesa-reconhece-falta-de-atracao-da-carreira-militar-mas-rejeita-polemica-escondida-9101736.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Malik, Y., 2016. *Conference on New Oceanographic Survey Vessels*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/sailing-back-from-mars> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Mallace, D., 2018. *World's First Fully Autonomous Hydrographic Survey*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/worlds-first-fully-autonomous-hydrographic-survey> [Acedido em 30 abril 2018].
- Mandlbürger, G. et al., 2016. *Evaluation of a Novel UAV-Borne Topo-Bathymetric Laser Profiler*. [Online] Disponível em: <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B1/933/2016/isprs-archives-XLI-B1-933-2016.pdf> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Marinha, 2006. *Protocolo de cooperação entre a Universidade do Porto e a Marinha*. Porto: s.n.
- Marinha, 2015. *Conceito Estratégico Naval - PAA 32 - SUPL V (A)*. Lisboa: Marinha.
- Marinha, 2016a. *Protocolo de colaboração entre a Marinha e a Tekever*. Lisboa: s.n.
- Marinha, 2016b. *Protocolo de colaboração entre a Marinha e a UAVision*. Lisboa: s.n.
- Matis, M., 2012. *The Protection of Undersea Cables: A Global Security Threat*. Carlisle: United States Army War College.
- MDN, Ministério da Defesa Nacional, 2011. *Diretiva Ministerial Orientadora do Ciclo de Planeamento de Defesa Militar (Despacho n.º 4/2011, de 31 de janeiro)*. Lisboa: Diário da República.



- MDN, Ministério da Defesa Nacional, 2014. *Diretiva Ministerial de Planeamento de Defesa Militar (Despacho n.º 11400/2014, de 11 de setembro)*. Lisboa: Diário da República.
- Morgado, Coronel J. A. N. V. P., 2016. *Sistemas aéreos autónomos não-tripulados nas vertentes militar, de segurança e civil: definição de uma estratégia nacional*. Pedrouços: Instituto Universitário Militar.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2013. *Bathymetric AUV shows promise for NOAA surveying*. [Online] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/2013/09/17/bathymetric-auv-shows-promise-for-noaa-surveying/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015. *New unmanned surface vehicles to deliver shoaler depth measurements for NOAA nautical charts*. [Online] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/tag/autonomous-surface-vehicle/> [Acedido em 30 abril 2018].
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2016a. *Unmanned surface vehicles evaluated for hydrographic survey*. [Online] Disponível em: <https://noaacoastsurvey.wordpress.com/2016/09/13/unmanned-surface-vehicles-evaluated-for-hydrographic-survey/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2016b. *Using Robots to Map Shallow Water on Nautical Charts*. [Online] Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/news/apr16/asv.html> [Acedido em 1 dezembro 2017].
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2017a. *Hydrography*. [Online] Disponível em: <https://nauticalcharts.noaa.gov/learn/learn-about-hydrography.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, 2017b. *What is hydrography?*. [Online] Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/hydrography.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Norden, M. F. v., Ladner, R. W. & Arroyo-Suarez, E. N., 2008. *Developing a concept of operations for military surveys to IHO standards without shore-based stations*. [Online] Disponível em: https://hydrography.ca/wp-content/uploads/files/2008conference/session_4/4-2_Van_Norden.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- OHI, Organização Hidrográfica Internacional, 2015a. *Definition of Hydrography*. [Online] Disponível em: https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=299&Itemid=289&lang=em [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- OHI, Organização Hidrográfica Internacional, 2015b. *The Importance of Hydrography*. [Online] Disponível em: https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=299&Itemid=289&lang=em [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- OHI, Organização Hidrográfica Internacional, 2016. *The need for national hydrographic services*. [Online] Disponível em: https://www.iho.int/iho_pubs/misc/M-2_3.0.5_E_JAN2016.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Oliveira, B. A. G. d., 2015. *Sistemas não tripulados nas Forças Armadas nacionais como potenciadores das suas capacidades*. Pedrouços: Instituto de Estudos Superiores Militares.
- Orthmann, A., 2016. *Bering Sea ASV Force Multiplier*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/bering-sea-asv-force-multiplier> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- OTAN, Organização do Tratado do Atlântico Norte, 2013. *Allied Command Operations Comprehensive Operations Planning Directive*. V2.0 ed. Bélgica: Supreme Headquarters Allied Powers Europe.
- Peter, L., 2018. *What makes Russia's new spy ship Yantar special?*. [Online] Disponível em: <http://www.bbc.com/news/world-europe-42543712> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Pita, R. V., 2018. *Kongsberg* [Entrevista] (18 março 2018).
- PORDATA, 2018. *Densidade populacional*. [Online] Disponível em: <https://www.pordata.pt/Municipios/Densidade+populacional-452> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Potgieter, P., 2016. *The rise of autonomous hydrographic systems*. [Online] Disponível em: <http://www.ee.co.za/article/the-rise-of-autonomous-hydrographic-systems.html> [Acedido em 1 dezembro 2017].
- Quadros, N., 2016. *Technology in Focus: Bathymetric LiDAR*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/technology-in-focus-bathymetric-lidar> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Ran, P. J., 2005. *Rapid Environmental Assessment - Emerging Requirements for Military Hydrography*. [Online] Disponível em: http://ushydro.thsoa.org/hy05/02_1.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- Renishaw, 2015. *Renishaw launches a new dedicated time-tagged marine lidar system to help cut the cost of vessel-based surveying*. [Online] Disponível em: <http://www.renishaw.com/en/renishaw-launches-a-new-dedicated-time-tagged-marine-lidar-system-to-help-cut-the-cost-of-vessel-based-surveying--37086> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Renishaw, 2018. *Merlin vessel-based coastal, offshore, and inland waterway lidar mapping system*. [Online] Disponível em: <http://www.renishaw.com/en/merlin-vessel-based-coastal-offshore-and-inland-waterway-lidar-mapping-system--36622> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- RIEGL, 2018. *BathyCopter*. [Online] Disponível em: <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/bathycopter/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- RTP, Rádio e Televisão de Portugal, 2010. *Militares da Fragata Corte Real*. [Online] Disponível em: <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/militares-da-fragata-corte-real/#sthash.zYGgzfLE.dpbs> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Rumson, A., 2018. *Mapping the Deep Ocean with Multiple AUVs*. [Online] Disponível em: https://www.hydro-international.com/content/article/mapping-the-deep-ocean-with-multiple-auvs?utm_source=Newsletter+Superlist&utm_campaign=139b58c40e-EMAIL_CAMPAIGN_2018_04_24Hydro&utm_medium=email&utm_term=0_9bcc6040d6-139b58c40e-46510701&mc_cid=139b58c4 [Acedido em 30 abril 2018].
- Russon, M.-A., 2015. *How can drones be used in industry?*. [Online] Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2015/12/how-can-drones-be-used-in-industry/> [Acedido em 1 dezembro 2017].
- Sanger, D. E. & Schmitt, E., 2015. *Russian Ships Near Data Cables Are Too Close for U.S. Comfort*. [Online] Disponível em: <https://www.nytimes.com/2015/10/26/world/europe/russian-presence-near-undersea-cables-concerns-us.html> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Santos, L. A. B. d. & Lima, J. M. M. d. V., 2016. *Orientações metodológicas para a elaboração de trabalhos de investigação*. Lisboa: Instituto de Estudos Superiores Militares.
- Saunders, M. & Tosey, P., 2013. *The Layers of Research Design*. [Online] Disponível em: https://anlp.org/files/research-onion-layers_42_357.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- Sebastian, S., Ladner, R. & Haselmaier, L., 2016. *AUVs in Hydrography*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/auvs-in-hydrography> [Acedido em 1 dezembro 2017].
- Sechrist, M., 2010. *Cyberspace in Deep Water: Protecting Undersea Communication Cables*. Cambridge: Harvard Kennedy School.
- Shaw, R. R., 2008. *Reinventing Amphibious Hydrography*. [Online] Disponível em: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a494287.pdf> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Shifter, 2018. *Aconteceu o primeiro acidente mortal com um carro autónomo*. [Online] Disponível em: <https://shifter.pt/2018/03/uber-acidente-carro-autonomo/> [Acedido em 30 março 2018].
- Shu, L., 2014. *GPS, drones, microwaves and other everyday technologies born on the battlefield*. [Online] Disponível em: <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/modern-civilian-tech-made-possible-wartime-research-development/> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Silva, J. C. d. V. F. d., 2012. *A Plataforma Continental Portuguesa - Análise do Processo de Transformação do Potencial Estratégico em Poder Nacional*. Lisboa: Edições Culturais da Marinha.
- Silva, J. C. d. V. F. d., 2015. Os cruzeiros de investigação científica estrangeiros nas zonas marítimas sob soberania ou jurisdição portuguesa. *Revista de Ciências Militares*, maio, Volume III, pp. 241-267.
- Stake, R. E., 1999. *Investigación con estudio de casos*. 2.^a ed. Madrid: Morata.
- Strickland, J., 2010. *Do wars drive technological advancement?*. [Online] Disponível em: <https://science.howstuffworks.com/war-drive-technological-advancement.htm> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- TeleGeography, 2018. *Submarine Cable Map 2018*. [Online] Disponível em: <http://submarine-cable-map-2018.telegeography.com> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Theberge, A. E., 2013. *A Note on Fifty Years of Multi-beam*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/a-note-on-fifty-years-of-multi-beam> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Vieira, C. M. C., 2009. *Variáveis em Investigação*. [Online] Disponível em: <https://pt.slideshare.net/MinvC/variveis-em-investigao> [Acedido em 13 fevereiro 2018].



- WEF, World Economic Forum, 2018. *The Global Risks Report 2018*. [Online] Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Whitehouse, B. G., 2006. *Rapid Environmental Assessment (REA) of the maritime battlespace*. [Online] Disponível em: <http://www.journal.forces.gc.ca/vo7/no1/opinions-eng.asp> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Wilkens, R., 2018. *Air, land and sea show continued growth for unmanned systems*. [Online] Disponível em: <https://washingtontechnology.com/articles/2018/02/05/govini-unmanned-systems-market.aspx> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Williams, J., 2016. *Autonomous Vessel Delivers in Challenging Environment*. [Online] Disponível em: <https://www.hydro-international.com/content/article/autonomous-vessel-delivers-in-challenging-environment> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- YellowScan, 2018. *What happened at LiDAR for Drone 2017*. [Online] Disponível em: <http://www.yellowscan.fr/news/what-happened-at-lidar-for-drone-2017-yellowscan-international-user-conference-2> [Acedido em 13 fevereiro 2018].
- Yin, R. K., 2001. *Estudo de Caso - Planejamento e Métodos*. 2.^a ed. Porto Alegre: Bookman.
- Yin, R. K., 2012. *Applications of Case Study Research*. 3.^a ed. Los Angeles: SAGE.



Apêndice A — Figuras complementares

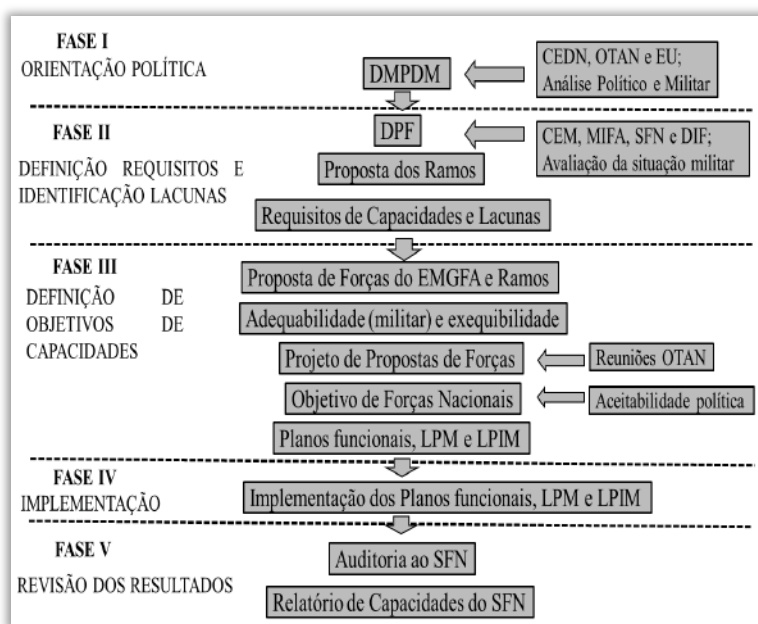


Figura 11 – Fases do CPDM

Fonte: (MDN, 2011)

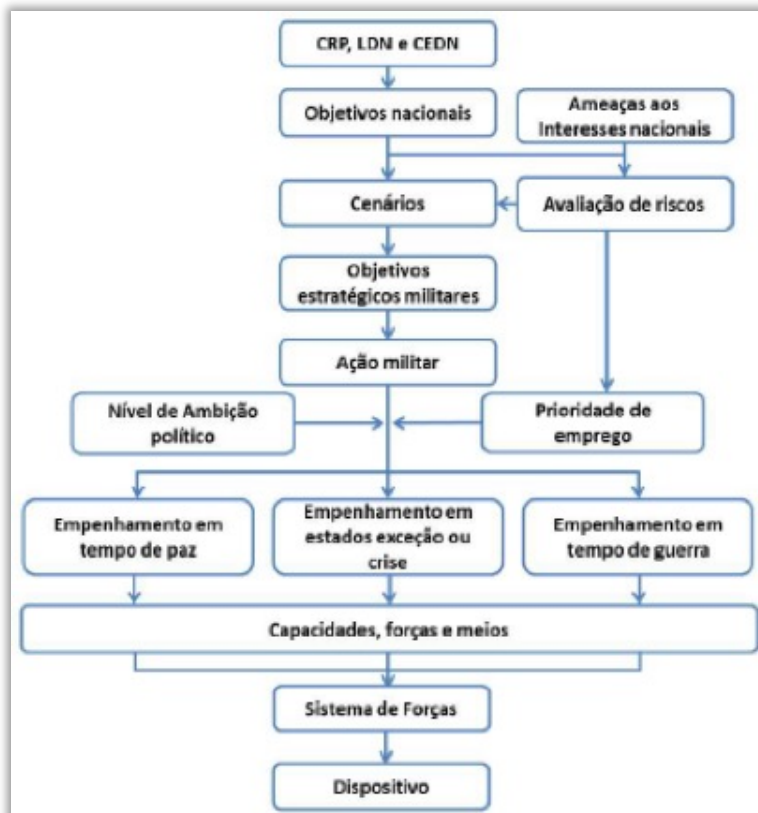


Figura 12 – Metodologia utilizada no CEM

Fonte: (CEEM, 2014a)

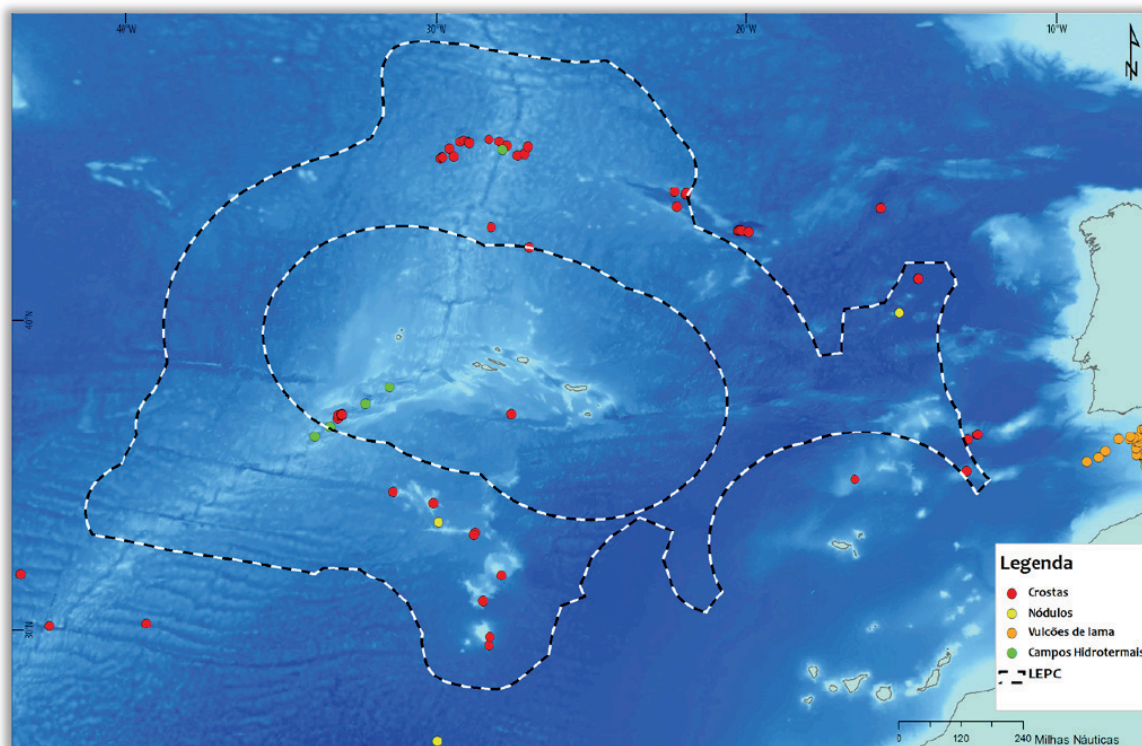


Figura 13 – Localização de recursos não vivos na PC portuguesa

Fonte: (EMEPC, 2014)

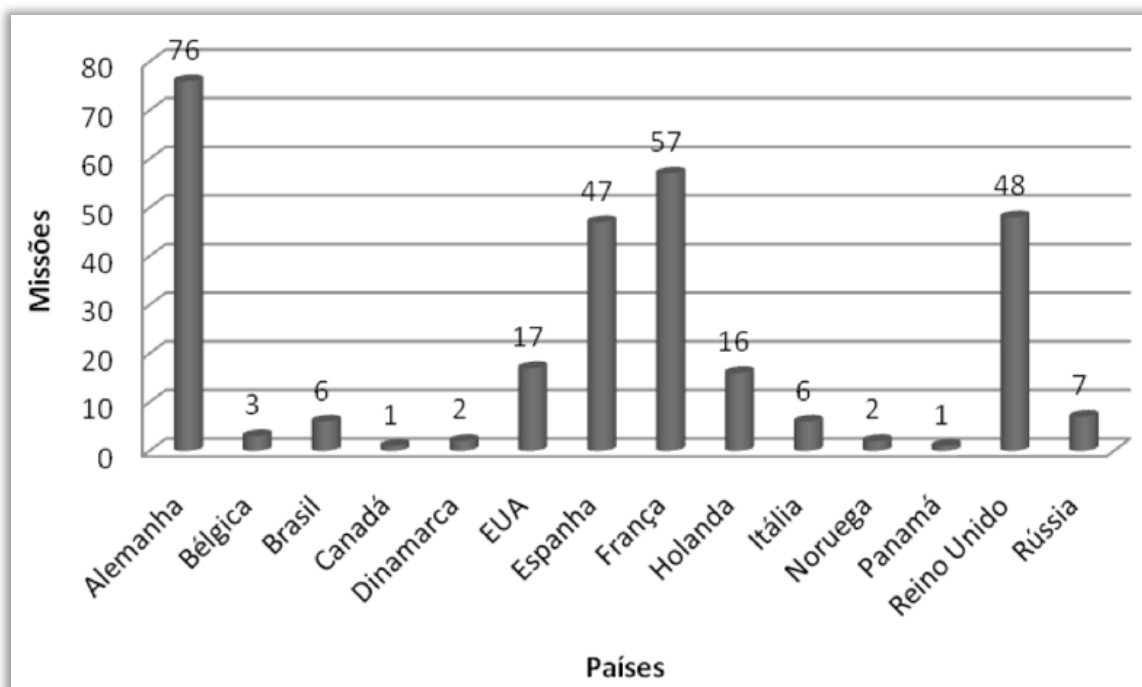


Figura 14 – Cruzeiros científicos realizados nas águas portuguesas (2003 a 2012)

Fonte: (Silva, 2015)



Figura 15 – Funções da Marinha

Fonte: Adaptado de (Marinha, 2015)



Figura 16 – Riscos globais com maior probabilidade e impacto (2008 a 2018)

Fonte: (WEF, 2018)

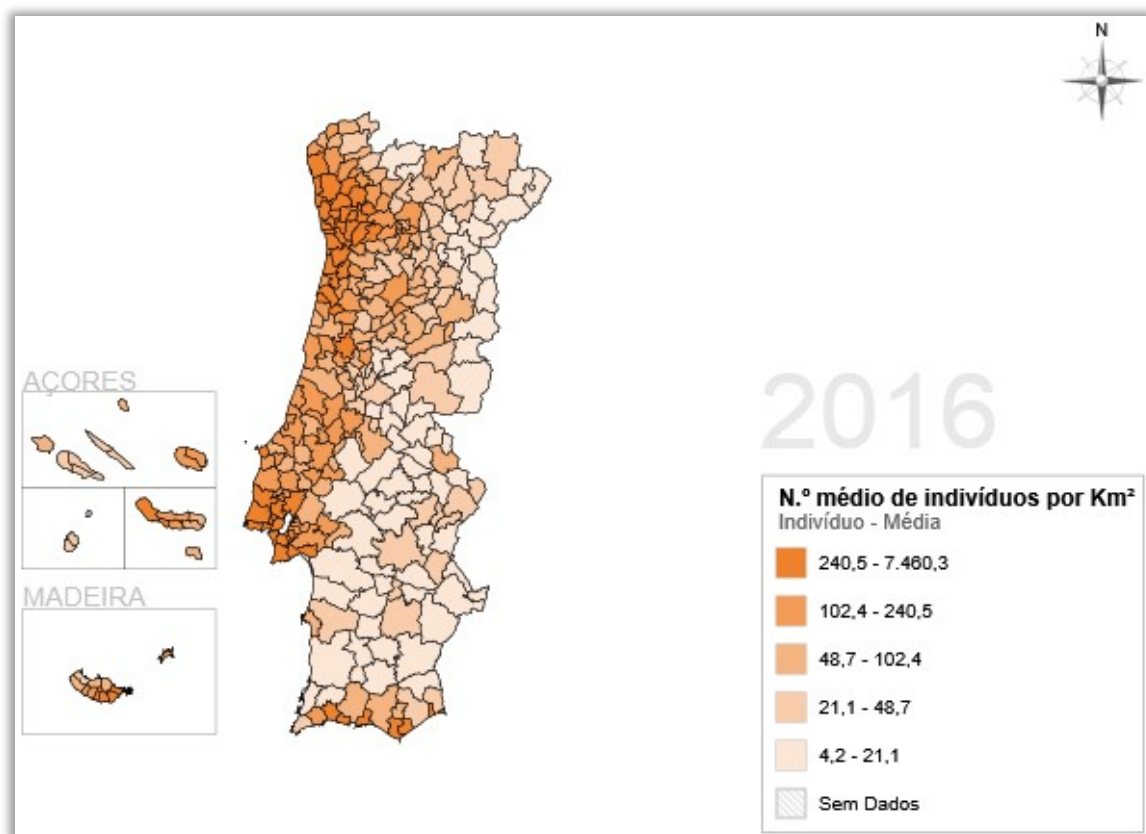


Figura 17 – Densidade populacional em Portugal

Fonte: (PORDATA, 2018)

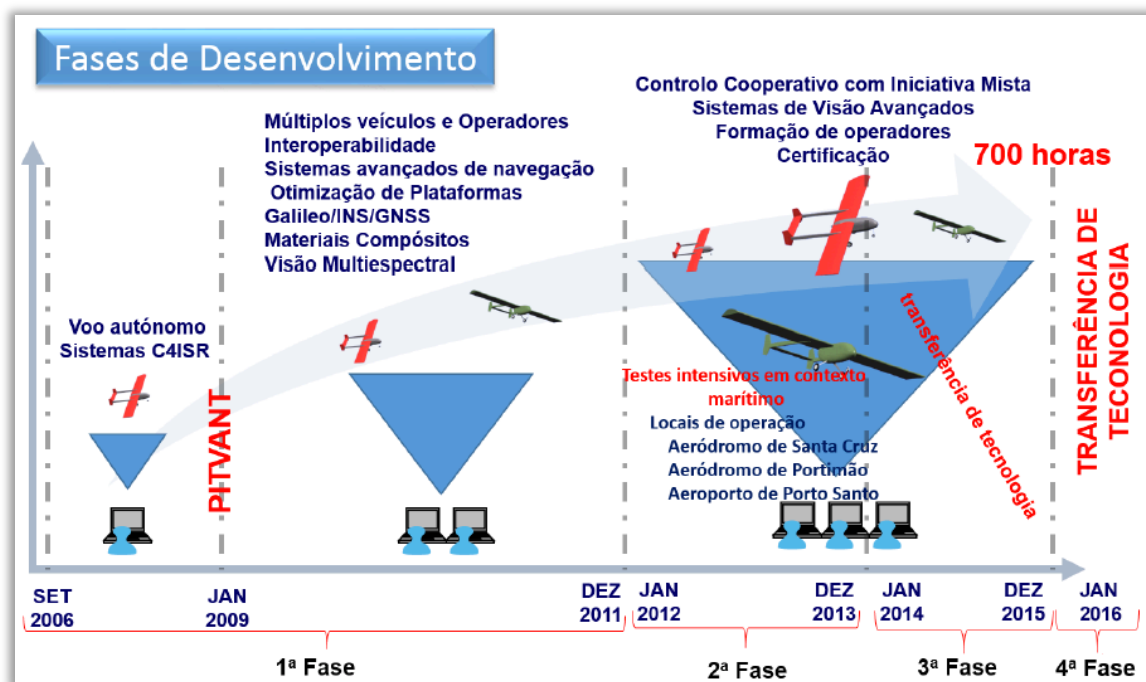


Figura 18 – Fases de desenvolvimento no âmbito do CIDIFA

Fonte: (Morgado, 2016)



Figura 19 – Exemplos de UAV da FA

Fonte: (Caetano, 2018)



Figura 20 – Embarcação tradicional de sondagem (*Mergulhão*)

Fonte: (IH, 2017)



Figura 21 – Projeção de uma embarcação de sondagem a partir de um navio

Fonte: (IH, 2017)



Apêndice B — Comparação entre sistemas não tripulados

Quadro 2 – Comparação entre sistemas não tripulados

Sistemas não tripulados	Vantagens	Limitações	Exemplos
UAV	<ul style="list-style-type: none">– Menor risco no levantamento de áreas perigosas (condições meteo-oceanográficas e relevo do terreno).– Maior flexibilidade e mobilidade.– Menor tempo de sondagem.– Maior resolução (densidade de medições).	<ul style="list-style-type: none">– Técnicas de sondagem (LiDAR e fotogrametria) apenas estão consolidadas para os LT, apresentando ainda limitações significativas em LH.– Capacidade de carga da plataforma limita o peso dos equipamentos e a possibilidade de emprego de tecnologia com melhor desempenho.	 <p><i>RIEGL BathyCopter</i></p> <p>Apenas plataforma: 149 400 € Com equipamentos: 339 400 € (Jiménez, 2018)</p>
USV	<ul style="list-style-type: none">– Maior número de opções e configurações comerciais.– Técnicas de sondagem consolidadas (SMF).– Operação com menor curva de aprendizagem.– Bom desempenho em águas interiores e pouco profundas.– Menor custo.	<ul style="list-style-type: none">– Sujeição às condições meteo-oceanográficas (ondulação e corrente).	 <p><i>ASV C-Cat 3</i></p> <p>Apenas plataforma: 119 428 € Com equipamentos: 316 726 € (Hart, 2018)</p>
UUV	<ul style="list-style-type: none">– Operação furtiva e a diferentes profundidades.– Maior detalhe e resolução através da aproximação e inspeção dos alvos.	<ul style="list-style-type: none">– Incerteza na determinação da posição, através dos métodos acústicos.– Complexidade das comunicações submarinas.– Incapacidade de executar LT.– Custo mais elevado.	 <p><i>Kongsberg REMUS 600</i></p> <p>Apenas plataforma: 1 843 610 € Com equipamentos: 2 095 010 € (Pita, 2018)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor